

Trabajo de Fin de Grado

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Actuaciones de mejora en una estación de esquí en los  
Alpes franceses**

**MEMORIA**

**Autor:** Cristina Segura Fainé  
**Director:** Carlos Sierra Garriga  
**Convocatoria:** Febrero 2020



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona





## Resumen

El cambio climático cada vez está más presente en el día a día y ya se conocen los efectos negativos que puede llegar a tener. La industria del esquí puede ser una de las más afectadas debido al calentamiento global. Este trabajo se basa en estudiar la posible introducción de energías renovables y medir la eficiencia energética de Chamrousse, una estación de esquí de los Alpes franceses.

Para poder llevar a cabo la instalación de los paneles fotovoltaicos, se analizó la energía que puede producir un panel solar en la zona determinada mediante una base de datos con información de la NASA. Esta base de datos también proporciona el ángulo óptimo de instalación de los paneles para todo el año, y tras analizar la superficie disponible para instalarlos, se calculó el número de paneles por remonte. Con todos estos datos ya es posible calcular la energía producida por cada remonte durante un año.

Del mismo modo se ha llevado a cabo el análisis de la instalación de aerogeneradores para usar la energía eólica como posible alternativa. En este caso se obtuvo la electricidad generada anualmente por un único aerogenerador. Estos aerogeneradores han sido colocados en lugares estratégicos, lugares de la estación expuestos a bastante viento durante todo el año.

Con estas dos alternativas, se ha conseguido reducir el consumo de electricidad un 26,2%, ya que este es el porcentaje respecto al consumo total que se puede producir gracias a estas energías renovables.

Finalmente, para modernizar la estación a nivel tecnológico, se ha propuesto la creación de una tarjeta en la que poder recargar el forfait diario o de temporada mediante la web de la estación o mediante una aplicación para teléfono móvil, que permitiría a los usuarios ahorrarse largas colas y a la estación reducir el gasto de personal dedicado a la venta de forfaits.



# Índice

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>5</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
1.1. Motivación .....	9
1.2. Objetivos.....	10
<b>2. LOS ALPES</b>	<b>11</b>
2.1. Efectos del cambio climático .....	15
2.2. Industria del esquí en los Alpes franceses .....	16
2.3. Estaciones fantasma .....	18
<b>3. ESTACIÓN DE ESQUÍ CHAMROUSSE</b>	<b>20</b>
3.1. Historia de Chamrousse .....	20
3.2. Estado actual de Chamrousse .....	24
3.2.1. Distinciones de Chamrousse .....	27
3.2.2. Proyecto 2030 .....	28
3.3. Remontes mecánicos .....	29
<b>4. ACTUACIONES DE MEJORA A NIVEL ENERGÉTICO</b>	<b>35</b>
4.1. Energía solar fotovoltaica .....	35
4.1.1. Conceptos previos .....	35
4.1.2. Datos de Chamrousse .....	37
4.1.3. Instalación de los paneles .....	40
4.1.4. Energía generada por los paneles .....	48
4.1.5. Mantenimiento de los paneles solares .....	50
4.2. Energía eólica.....	50
4.2.1. Conceptos previos .....	50
4.2.2. Datos de Chamrousse .....	51
4.2.3. Instalación de los aerogeneradores .....	53
4.2.4. Energía generada .....	55
4.2.5. Mantenimiento aerogeneradores .....	56
4.3. Resultado .....	56
<b>5. ACTUACIONES DE MEJORA A NIVEL TECNOLÓGICO</b>	<b>59</b>

<b>6. COSTE DE ELABORACIÓN DEL TRABAJO</b>	<b>62</b>
<b>7. ANÁLISIS AMBIENTAL</b>	<b>63</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>66</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO</b>	<b>71</b>

## Glosario

**p/h:** Abreviatura de personas/hora. Unidad de capacidad.

**TC:** Abreviatura de telecabina.

**TSD:** Abreviatura de telesilla desembagable.

**TSF:** Abreviatura de telesilla de pinza fija.

**TK:** Abreviatura de telesquí.

**CAIRN:** Abreviatura de Catalogue Informatisé des Remontées mécaniques Nationales.

**STRMTG:** Abreviatura de Service Technique des Remontées Mécaniques et Transports Guidés.

**MP:** Abreviatura de Momento de Potencia

**HSP:** Abreviatura de Hora Solar Pico.

**$I_{\text{panel}}$ :** Intensidad del panel fotovoltaico.

**$V_{\text{panel}}$ :** Tensión del panel fotovoltaico

**$\eta_{\text{panel}}$ :** Rendimiento del panel fotovoltaico.





# 1. Introducción

## 1.1. Motivación

Hoy en día, intentar adoptar un estilo de vida sostenible y a favor del medio ambiente, es algo que muchas personas están empezando a plantearse. El cambio climático es un tema que empieza a preocupar cada vez más entre los ciudadanos del mundo ya que es algo que nos puede llegar a afectar mucho en nuestras vidas dentro de unos años. Por eso, cada vez hay más gente interesada en cuidar el planeta desde casa y adoptar pequeños hábitos que pueden generar un gran cambio.

Hay muchos sectores que empiezan a estar afectados por el cambio climático, pero para la industria de la nieve, este fenómeno se presenta como un gran reto que deben superar si desean resolver la cantidad de interrogantes que presenta la sostenibilidad de las estaciones de esquí dadas las condiciones ambientales actuales.

Desde que tenía 4 años he tenido la gran posibilidad de esquiar cada año, pero era algo que no me gustaba mucho, así que mi pasión por el esquí viene de hace unos 3 o 4 años cuando en las vacaciones de febrero de la universidad me iba a esquiar con los amigos. Por esta razón y por querer mejorar mi francés, decidí hacer mi Erasmus en Grenoble (Francia) este cuatrimestre. Grenoble es una ciudad con muchas facilidades para esquiar debido a su localización geográfica a los pies de los Alpes, conocida como la capital de los Alpes franceses, está situada en un enclave extraordinario rodeada por los macizos Vercors, Belledonne y Chartreuse, tiene a su alcance 12 estaciones de esquí en un radio de menos de 60 km.

Debido a mi entusiasmo por el esquí, mi preocupación por el medio ambiente y por poder preservar este maravilloso deporte y los espectaculares paisajes que se pueden observar desde las diferentes estaciones alpinas, he decidido realizar mi trabajo de fin de grado relacionado con este tema; enfocado a las posibles actuaciones de mejora en una estación de esquí, proponiendo mejoras tanto a nivel energético como ambiental de los diferentes servicios que ofrece la estación, así como también buscar maneras de innovar la tecnología en los servicios que presentan.

## 1.2. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es realizar un estudio sobre el posible ahorro energético en la estación de esquí, sustituyendo parte de las energías fósiles por energías renovables producidas en la propia estación mediante el aprovechamiento de la radiación solar y del viento, y así poder proponer mejoras en la estación de esquí de Chamrousse que favorezcan su lucha por conservar el medio ambiente.

Para conseguirlo es necesario realizar un estudio de las condiciones climatológicas que tiene la estación de esquí, y estudiar los lugares que son más adecuados para la implementación de las placas fotovoltaicas y de los aerogeneradores. Siendo también imprescindible para ello realizar los calculos de la energía que se puede producir, para obtener los resultados finales y poder sacar conclusiones.

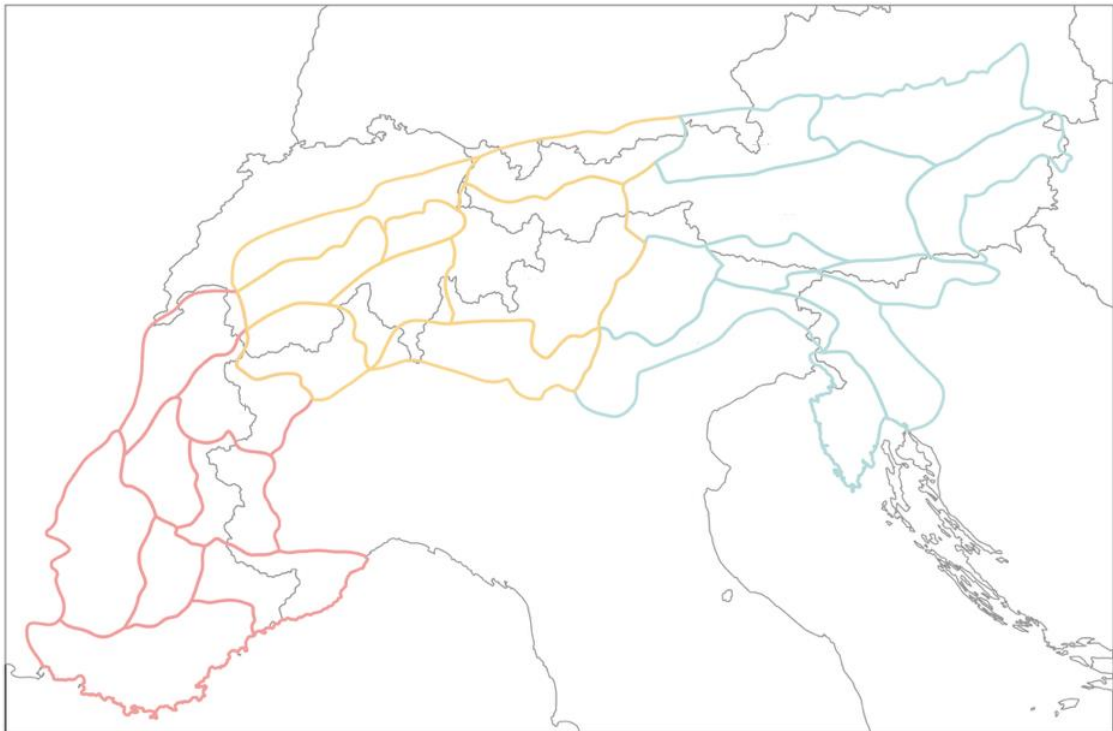
Como objetivos secundarios también se plantean conocer un poco más los efectos del cambio climático sobre la industria del esquí en los Alpes y conocer la historia y las características de la estación de Chamrousse, que es sobre la que se propone aplicar las mejoras.

También pensando en una mejora medioambiental se plantea una innovación tecnológica mediante el uso de una aplicación móvil para facilitar la venta de forfaits de cara a los clientes y reducir el uso material desechable.

## 2. Los Alpes

Los Alpes es la cordillera más alta y larga de Europa con una longitud de unos 1200 km situada en la Europa central dividida en diferentes países como Francia, Italia, Suiza, Liechtenstein, Austria, Eslovenia, Alemania y Mónaco, pero administrativamente, solo se reparte entre Francia, Suiza, Italia y Austria. Esta cadena de montañas forma parte de la cultura de los diferentes países alpinos y los pueblos o ciudades de la zona son destinos turísticos muy frecuentados para practicar deportes como el esquí, o el senderismo y montañismo.

Se dividen en tres zonas: Alpes occidentales, centrales y orientales, en los cuales se encuentran diferentes picos conocidos con varias estaciones de esquí.



*Figura 1: División de los Alpes*

Alpes occidentales

Alpes centrales

Alpes orientales

**Los Alpes occidentales** se sitúan entre Italia, Francia, Monaco y una pequeña parte de Suiza, la máxima cota se encuentra en la cumbre del Mont-Blanc, situada en los Alpes franceses, que es el punto más alto de la Unión Europea con 4810 m de altitud, y como estaciones de esquí importantes podemos encontrar las siguientes:

- Alpes franceses:

Nombre	Dominio	Cota máxima (m)	Km de pistas	Remontes
Chamonix	Mont Blanc Unlimited	1842	155	47
Les Houches	Mont Blanc Unlimited	1900	55	14
Val d'Isere	Espace Killy	3455	300	90
Avoriaz	Les Portes du Soleil	2275	650	212
La Plagne	Paradiski	3250	220	86
Val Thorens	Tres Valles	3230	600	197
Les 2 Alpes	-	3570	220	49

- Alpes Italianos (el más destacado):

Nombre	Dominio	Cota máxima (m)	Km de pistas	Remontes
Courmayeur	Monte Bianco	2755	41	20

**Los Alpes centrales** se sitúan entre Suiza, Italia, Austria, Liechtenstein y una parte de Alemania. Su máxima cota se encuentra a 4634 m en la cima Monte Rosa. Las estaciones de esquí más importantes son las siguientes:

- Alpes suizos: Entre ellas se encuentra la estación de Zermatt, conocida como la estación de esquí más alta del mundo. Está rodeada de altos picos, entre ellos el Matterhorn de 4478 m de altitud y accesible solamente a través de helicópteros para descender esquiando.

Nombre	Dominio	Cota máxima (m)	Km de pistas	Remontes
Zermatt	-	3820	313	44
Verbier	Les 4 Vallées	3330	410	88
Wengen	Jungfrau Ski Region	2320	102	25
Gstaad	-	3000	250	67
Davos Parsenn	-	2844	248	50

- Alpes austriacos:

Nombre	Dominio	Cota máxima (m)	Km de pistas	Remontes
Innsbruck	-	3210	140	58
Ischgl	-	2872	200	42
St. Anton am Arlberg	Ski Arlberg	2811	412	73
Stubai	-	3150	88	40

- Alpes alemanes:

Nombre	Dominio	Cota máxima (m)	Km de pistas	Remontes
Garmisch-Partenkirchen	-	2050	39	17
Zugspitze	-	2962	20	9

**Los Alpes Orientales** se sitúan entre Italia, Austria y Eslovenia:

- Alpes Italianos:

Nombre	Dominio	Cota máxima (m)	Km de pistas	Remontes
Cortina d'Ampezzo	Dolomiti Superski	3352	1220	258
Canazei	Dolomiti Superski	3352	1174	258
Santa Cristina/ Val Gardena	Dolomiti Superski	2520	175	73

- Alpes austriacos:

Nombre	Dominio	Cota máxima (m)	Km de pistas	Remontes
Mölltaler Gletscher	-	3122	17.4	9
Bad Gastein	Ski Amadé	2680	201	44
Kitzbühel	-	2000	164	55
Zell am see / Kaprun	-	3030	130	55
Sölden / Ötztal	-	3250	149.5	34

- Alpes de Eslovenia:

Nombre	Dominio	Cota máxima (m)	Km de pistas	Remontes
Kranjska Gora	-	1570	20	20
Pohorje	-	1327	41.5	21
Kanin	-	2292	30	12

## 2.1. Efectos del cambio climático

Los Alpes se ven cada vez más afectados por los efectos del cambio climático que actúa como una amenaza para éstos. El turismo de invierno, de nieve, puede verse afectado debido a la disminución de nieve en las cotas más bajas, y varias estaciones de esquí de Suiza, Francia, Alemania o Austria podrían tener problemas para atraer a los miles de turistas o esquiadores. No solo se ve afectada la cantidad de nieve presente en las estaciones sino también la composición del permafrost. El permafrost es según la RAE la capa del suelo permanente congelada en las regiones polares [1], también se puede encontrar en los glaciares. Es la capa de subsuelo de la corteza terrestre y se encuentra helada debido a su naturaleza, y ahora está en peligro porque se deshace continuamente. El permafrost ha mantenido la roca sólida durante muchos años y como efecto del cambio climático se derrite, lo que está causando que los glaciares desaparezcan porque el hielo se deshace y deja la roca destapada.

Sebastien Montaz, guía de montaña y profesor de esquí en los Alpes, hace años comentaba que estos cambios se apreciaban con cada estación, también asegura que varias de las excursiones o rutas montañosas ya no se pueden realizar debido al deshielo, muchos de los glaciares que antes se podían cruzar ahora ya no son seguros y a lo largo de los próximos años irán desapareciendo.

Si la cota de nieve sube, la cota de las nieves perpetuas también aumenta. Las nieves perpetuas como su nombre indica son aquellas que duran, nieves eternas, que permanecen debido a que se encuentran en picos elevados en los cuales no se alcanza una temperatura suficiente para que se derrita tanto la nieve como el hielo. Como se puede entender, las precipitaciones en zonas elevadas también están cambiando, y donde antes nevaba, ahora pueden aparecer más lluvias, lo que facilita el derretimiento de la nieve.

Con relación a la crisis sanitaria que estamos viviendo desde hace ya varios meses, varios investigadores afirman que los efectos del cambio climático como el deshielo de la capa permafrost podría liberar virus y bacterias que podrían hacernos más vulnerables de lo que somos ante lo desconocido tal y como nos ha mostrado la pandemia del covid-19. En esta capa de suelo que se derrite, se han encontrado cantidad de microorganismos desconocidos a los que nos podríamos ver expuestos en los próximos años, y que, por esa razón, deben estudiarse. Beat Frey, colaborador del Instituto Federal de Investigación de Bosques, Nieve y Paisaje explica lo siguiente: “Hemos notado que estos organismos poseen un metabolismo específico y estructuras celulares que pueden ser muy activas a bajas temperaturas. Sin embargo, la mayoría de ellos se encuentran inactivos en este momento. La gran pregunta es qué sucederá cuando despierten, por ejemplo, debido al

calentamiento global"[2]. Ya existen diversos casos en los que se han encontrado virus desconocidos provenientes del hielo o virus que han provocado epidemias en el pasado, es decir, que llevan congelados miles de años pero que ahora podrían reactivarse y convertirse en un problema tanto para los humanos como para los animales. Aun así, también existe la esperanza de encontrar especies o microorganismos útiles para el ser humano.

Los Alpes, símbolo de Europa, no solo son vitales para los dichos países alpinos, sino también para gran parte de este continente, ya que el 40% de su agua dulce proviene de esta cordillera. Por esta razón, hay ciudadanos que denominan a esta cordillera como "depósito de agua de Europa". Por tanto, se puede decir que los efectos del cambio climático en los Alpes no solo afectarían al turismo de nieve sino también a la oferta y demanda de los miles de ciudadanos que dependen de esta agua.

El hecho de que el deshielo no sólo se produzca en verano sino también en invierno, provocará que aumente el agua almacenada en invierno y disminuya en verano, época en la que más agua se necesita, por eso, la cantidad de agua que reciban los ciudadanos puede verse afectada.

Como se puede observar, el cambio climático no solo afectará a la nieve presente en las montañas, sino también al turismo, a la agricultura, a la producción de energía, a la navegación por ríos o canales y a los hogares particulares.

Para poder cubrir la falta de nieve en las estaciones y para asegurar el negocio durante toda la temporada y poder alargarla al máximo, se introdujeron los llamados cañones de nieve que producen nieve artificial y así innivar artificialmente las pistas. La solución no siempre es activar los cañones, ya que por ejemplo en 2017, debido a la falta de nieve que hubo en los Alpes durante 2 meses, en plena temporada se obligó a cerrar las estaciones y se prohibió el uso de cañones, ya que las reservas de agua que usaban estos cañones para fabricar la nieve se encontraban mayoritariamente secas.

## **2.2. Industria del esquí en los Alpes franceses**

La industria del esquí empieza a entrar en pánico ante la rapidez del cambio climático ya que este fenómeno afecta más a las temperaturas de invierno, éstas aumentan casi el doble que las temperaturas veraniegas. Este sector es bastante vulnerable y está afectado ya sea por la falta de nieve o por la nieve que se derrite. Según Pierre-Alexandre Métral, estudiante de doctorado en geografía alpina en la Universidad de



Grenoble, desde 1951 se han cerrado 169 estaciones de las cuales el 45% fueron por falta de nieve. También afirma, que no solo han cerrado estaciones con dos o tres remontes, sino que desde el año 2000 estaciones con entre siete o diez remontes también cerraron. Por eso, si todo sigue avanzando como hasta ahora, en unos años muchas estaciones europeas se verán obligadas a cerrar sus puertas durante la temporada invernal ya que será complicado atraer a los amantes de los deportes de invierno. Los Alpes franceses, es la zona más afectada de Francia, y como uno de los iconos de Europa, es una zona que preocupa a los expertos, no solo por la pérdida de turistas que visitan cada año este paraíso invernal, sino también porque es un suministro de agua potable, una gran parte del agua dulce de la Europa Occidental se origina aquí.

La década de 1970, fue para Francia la conquista del oro blanco, el momento del desarrollo del turismo de invierno, que culmina alrededor del año 1990 cuando en Francia había unas 500 estaciones de esquí en funcionamiento, pero a partir de esta década, el número de áreas en servicio empezó a disminuir hasta día de hoy. Aun así, Francia es desde la temporada 2018/2019 la tercera destinación del mundo para los esquiadores, después de Estados Unidos y Austria, y cada año, 7 millones de los turistas de la temporada invernal practican deportes de nieve. Estos últimos datos son buenos, pero no significa que el problema sea más leve, ya que, con temperaturas muy superiores a los 0 grados, como se están registrando últimamente, los cañones de nieve no sirven de nada. Esta temporada, las nevadas llegaron a principios de invierno, pero se empieza a notar las preocupaciones en el sector del oro blanco. La estación Luchon-Superbagnères, se vio obligada a trasladar nieve en helicóptero hasta los puntos más bajos donde la nieve no había resistido las cálidas temperaturas.

Las estaciones de esquí francesas, desde hace 20 años piensan de manera solidaria y llevan a cabo un concepto de ayuda entre las diversas estaciones. Este sistema, que de momento Francia es el único país que lo ha llevado a cabo, recibe el nombre de “Nivalliance” y se instauró para combatir los riesgos o problemas que puedan surgir, las grandes estaciones ayudan a las más pequeñas ya que son las más vulnerables y aportar así seguridad financiera. Este plan de protección es un buen método para ayudar a la industria del esquí y proteger de alguna manera las 250 estaciones que posee Francia y los más de 100.000 empleos que ofrecen.

Este sistema protege todo tipo de pérdidas en los ingresos, incluida la derivada de la crisis sanitaria por el Covid-19, el problema es que esta crisis ha afectado más a las grandes estaciones que a las pequeñas, y este sistema excluía de ayudas a las estaciones con más poder.

Esta parte del comercio francés que cada invierno aportaba 2 mil millones de euros, ahora se ve obligado a recibir ayuda del seguro “Nivalliance”, más de 5 millones de euros serán destinados a las diversas compañías de remontes mecánicos para salvar las

cuentas de las estaciones de esquí que se vieron obligados a cerrar durante los últimos 2 o 3 meses de la temporada 2019-2020.

Algunas regiones opinan que las ayudas no han sido suficientes y lo han resuelto aportando una gran parte para salvar el destino más turístico de la región. Particularmente, la Región francesa de Auvergne-Rhône-Alpes ha decidido doblar la ayuda que solicitaron sus 138 estaciones.

Al ser Chamrouse una estación de esquí con historia y conocida por los amantes del esquí por sus descensos olímpicos, por la proximidad con la ciudad de Grenoble, por no ser ni la más importante ni la más pequeña y por ser una estación soleada, por tanto favorecedora para el estudio, se ha decidido Chamrouse para llevar a cabo el estudio energético.

## **2.3. Estaciones fantasma**

Como se ha comentado anteriormente, desde hace años muchas estaciones de esquí se han visto obligadas a cerrar sin ser reemplazadas por otras nuevas y han quedado instalaciones y remontes abandonados o edificios ocupados ilegalmente, estructuras inacabadas que llaman la atención de fotógrafos, grafiteros o exploradores. Estas estaciones son llamadas estaciones perdidas o estaciones fantasma.

Este es el caso de la estación de Saint Honoré 1500 en Isère, este proyecto empezó a desarrollarse en 1970 cuando se construyó un camino para acceder a dicha estación. Tras empezar a construir las primeras residencias, en 1980 por fin se asomaba el desarrollo del área de esquí Alpe du Grand Serre, y se pusieron en servicio varios telesillas, se enlazó con el pico Col de l'Ouilleire y finalmente la estación disponía de 6 pistas de esquí y 4 remontes. El problema empezó en 1988 cuando por abuso de confianza se quiso relanzar el proyecto que pretendía satisfacer el potencial del lugar, un proyecto inmobiliario ambicioso que resultó inviable con la realidad económica de los años 90 y provocó que la compañía finalmente entrara en quiebra, liquidación judicial y condena por malversación de fondos. Los remontes siguieron funcionando cuando las condiciones meteorológicas lo permitían, y mientras iban apareciendo ofertas de compra para salvar la estación que no fructificaron, y como año tras año la nieve era más escasa, finalmente en 2003 los remontes fueron abandonados; otras estaciones de esquí francesas o incluso españolas empezaron a comprar algunos telesillas o parte de los remontes. Hoy en día la estación agrupa edificios “okupados” y estructuras inacabadas.

En Isère también se pueden encontrar otras estaciones con remontes desmantelados como Col du Coq, o Col de Porte cuyo telesilla lleva inactivo durante más de 10 años.

En la misma Francia, pero fuera de los Alpes, de las 40 estaciones de esquí que se han creado en la cordillera de los Vosgos durante la historia, 15 ya han cerrado definitivamente por falta de nieve, siendo en la actualidad estaciones fantasma. Una de estas estaciones se encuentra en el macizo de Donon, Col du Donon que a 730 m y con 770 m de altitud disponía de un solo remonte y una sola pista. Cuando se construyó el remonte en 1976, incluso a esa altitud, Col du Donon estaba cubierto de nieve cada invierno. Pero hace más de 30 años que el remonte fue abandonado, y todas las instalaciones, ya oxidadas, siguen ahí hasta día de hoy. A petición de muchas asociaciones, se decretó una Ley de Montaña en 2016 que obliga a los propietarios de dichas instalaciones a planificar también el desmantelamiento de las mismas ya que pueden ser un riesgo para los excursionistas. El desmantelamiento de Col du Donon no es una obligación ya que esta ley no es retroactiva, es decir, solo afecta a las nuevas instalaciones a partir de 2016. Aun así, el alcalde de Grandfontaine, comunidad donde se encuentra la estación, afirma que todas las piezas peligrosas se retiraron cuando la estación cerró y que se están llevando a cabo negociaciones para retirar todas las instalaciones.

Desmontar los remontes y reciclarlos es costoso, es un problema ecológico y económico y requiere un cierto conocimiento.

Los habitantes de zonas con estaciones de esquí abandonadas prefieren que los remontes no sean desmantelados, ya que el remonte es la última esperanza de una futura reapertura de la estación de esquí, fuente de ingresos para el lugar, y además sienten nostalgia por ser donde muchos de los residentes han aprendido a esquiar y forman parte de muchos de sus recuerdos.

### 3. Estación de esquí Chamrousse

#### 3.1. Historia de Chamrousse

En la zona oeste de los Alpes llamada Alpes del Delfinado (*Alpes du Dauphiné*), en la región de Auvergne-Rhône-Alpes, podemos encontrar el macizo de Belledonne (*La chaîne de Belledonne*) que domina el valle de Isère. Es una cordillera con picos entre los 2300 y 3000 m de altura y unos 60 km de longitud. Aquí podemos disfrutar de estaciones de montaña como Chamrousse, Le Collet d'Allevard, Les Sept Laux o L'Espace Nordique du Barioz.

Chamrousse es una estación de esquí con raíces olímpicas ya que fue construida en la década de 1960 para los X Juegos Olímpicos de Invierno que se llevaron a cabo en 1968 en la ciudad de Grenoble. Se le llama la cuna del esquí alpino francés, y hay bastantes teorías que creen conocer el origen del nombre de esta estación, pero una de las más populares es que Chamrousse, traducida como el campo rojo (*le champ roussi*), recibió este nombre ya que, durante la caída del sol, las nubes y los campos de nieve se iluminan de color rojizo.



Figura 2: Imagen de Chamrousse durante la caída del sol.

En 1878, fue en las laderas de esta pequeña estación, donde Henry Duhamel, un alpinista de la ciudad de Grenoble, decidió hacer sus primeros descensos con esquís, tablas de origen escandinavo que compró en la Exposición Universal de París de 1878. Este deporte solo se conocía en el norte de Europa y en 1891 ascendió solo, con los esquís, al punto más alto de la estación, a la Croix de Chamrousse. A partir de ese momento se establecieron zonas para practicar el esquí alpino, se alquilaron terrenos, se construyó la carretera de acceso y se fundó el club del esquí.



Figura 3: Placa en honor a Henry Duhamel

En 1950 nació la estación y en 1952 se construyó el teleférico que asciende hasta la Croix de Chamrousse que fue uno de los más rápidos y modernos del mundo junto con el de Courchevel-Saulire de la estación de Courchevel (Trois Vallées). Más tarde en 1961 se empieza a construir la zona residencial en Chamrousse 1750. A partir de este momento, la estación presenta 2 niveles: Recoil y Roche Béranger.



*Figura 4: Teleferico de Chamrousse en 1980*



*Figura 5: Teleferico de Chamrousse en la actualidad*

En 1968, se llevaron a cabo los X Juegos Olímpicos de Invierno en la ya capital del Delfinado, donde participaron 947 hombres y 211 mujeres de 37 países y Chamrousse acogió 6 pruebas de esquí alpino. Estas fueron: descenso, eslalon y eslalon gigante tanto femenino como masculino. El atleta francés Jean-Claude Killy se convirtió en una leyenda para el ski alpino al ganar el oro en las tres pruebas. Los Juegos Olímpicos permitieron un desarrollo óptimo y rápido del complejo, y se construyeron los telesillas Grand Couloir y La Croix que sirvieron para acceder a las pistas de competición.

Los Juegos Olímpicos de Invierno son un gran evento deportivo que permite al país, a la capital o a la ciudad sede atraer a una gran cantidad de turistas, así como futuros eventos. Gracias a este evento mundial, Grenoble se transformó en capital regional, experimentó una gran expansión económica y se dotó de grandes instalaciones e infraestructuras que han ayudado a desarrollar su Universidad, convirtiéndola en una importante ciudad de congresos y contribuyó al desarrollo de los deportes de invierno en Francia. Además, estos Juegos de 1968 pasaron a la historia por ser los primeros que se transmitieron en color y también los pioneros en la realización de controles de antidopaje.





Figura 6: Teleferico de Chamrousse en la época de las olimpiadas de 1968.

PALMARES des J.O. de 1968				
CHAMROUSSE				
EPREUVES ALPINES				
HOMMES	DAMES			
DESCENTE				
Or Jean-Claude KILLY (FRA)	Or Olga PALL (AUT)			
Argent Guy PÉRIILLAT (FRA)	Argent Isabelle MIR (FRA)			
Bronze Jean-Daniel DAETWYLER (SUI)	Bronze Christel HAAS (AUT)			
SLALOM GEANT				
Or Jean-Claude KILLY (FRA)	Or Nancy GREENE (CAN)			
Argent Willy FAVRE (SUI)	Argent Annie FAMOSE (FRA)			
Bronze Heinrich MESSNER (AUT)	Bronze Fernande BOCHATAY (SUI)			
SLALOM				
Or Jean-Claude KILLY (FRA)	Or Marielle GOITSCHHEL (FRA)			
Argent Herbert HUBER (AUT)	Argent Nancy GREENE (CAN)			
Bronze Alfred MATT (AUT)	Bronze Annie FAMOSE (FRA)			
TABLEAU des MEDAILLES SKI ALPIN				
	OR	ARGENT	BRONZE	TOTAL
FRANCE	4	3	1	8
AUTRICHE	1	1	3	5
SUISSE	-	1	2	3
CANADA	1	1	-	2

Figura 7: Pruebas de las olimpiadas con los respectivos ganadores

Años más tarde se creó la comunidad de Chamrousse, se escogió al primer alcalde y se continuaron haciendo mejoras en la estación, reemplazando viejos telesillas y construyendo apartoteles para los turistas.

En 2001, fue lugar de paso del famoso Tour de Francia en la undécima etapa y en 2014 fue la etapa de llegada.

El antiguo teleférico de la Croix que tenía una capacidad de solo 400 p/h, y la cadena paralela formada por los telesillas Grand Couloir y La Croix con una duración de 20 minutos de ascenso, se decidieron sustituir por un único teleférico con capacidad de 3000 p/h, mucho mayor que el conjunto de los 3 remontes anteriores.

Los trabajos se iniciaron en mayo de 2009 con el desmantelamiento de los dos telesillas, y la primera puesta en servicio fue en diciembre de 2009. La telecabina no es la única manera de acceder al punto más alto, también está la cadena de los telesillas Gaboureaux y Amoureux, construidos en 1992, telesillas rápidos y eficientes que permitieron triplicar el acceso a La Croix y además hicieron posible el acceso desde Roche Béranger.



Figura 8: Antiguo mapa de pistas donde se pueden ver los telesillas Grand Couloir y La Croix

En 2016, se inauguró el telesilla Casserousse que sustituyó a los telearrastres Casserousse y Marmottes.

A lo largo de los años, Chamrousse ha ido construyendo diferentes remontes, algunos de los cuales acabaron cerrando y se desmontaron o se han ido remodelando por diferentes motivos. Por ejemplo, en agosto de 2011 una parte de la estación inferior del telesilla Bachat-Bouloud se incendió y tuvieron que cambiar las zonas afectadas.

El 24 de diciembre de 2017, día de la víspera de Navidad, 150 esquiadores quedaron atrapados durante tres horas en varios teleféricos de la estación. Los servicios de emergencia de Chamrousse ayudados por dos helicópteros de seguridad civil llevaron a cabo esta delicada operación de rescate. Con ayuda de los helicópteros, un socorrista era depositado en cada una de las cabinas y su encargo era ayudar a bajar hasta suelo firme a las personas atrapadas asegurándolas con un sistema de cuerdas. Todos los esquiadores lograron salir sin problema y llegar a casa a tiempo para Nochebuena.

En 2018 se celebró el 50 aniversario de los Juegos Olímpicos de Grenoble y se organizaron eventos durante toda la temporada de esquí, se programaron competiciones de esquí, conciertos, exposiciones y un intento de récord mundial del número de esquiadores descendiendo con antorchas. Esta última actividad se ha repetido esta temporada, pero siguen sin alcanzar el récord que consiguió la estación Arcs en 2016. Chamrousse se ha propuesto superar el récord el día de San Valentín de 2021.



Figura 9: Letrero de Chamrousse para conmemorar los 50 años de las olimpiadas.

En la Imagen 1 del anexo se puede ver un eje cronológico proporcionado por Chamrousse.

## 3.2. Estado actual de Chamrousse

Chamrousse situada en el sureste de Francia, a 30 km de Grenoble, no es una gran estación, pero se extiende sobre 2 niveles diferentes: uno a 1650 metros de altitud y otro a 1700-1750 metros, unidos por pistas y caminos forestales, ofrece multitud de actividades e instalaciones.

En Chamrousse 1650 (Le Recoin) podemos encontrar la zona de ski alpino y el parque de trineo en invierno, las pistas en esta pendiente son más técnicas y por tanto requieren más nivel. Esta zona es conocida por sus descensos olímpicos, pendientes más empinadas que empiezan a 2250 metros de altitud, en el punto más alto de la estación.

En Chamrousse 1700-1750 (Villages du Bachat y Roche Béranger respectivamente) también hay zona de esquí alpino, pero con pistas de nivel fácil o intermedio que se encuentran en grandes laderas sin árboles. En esta zona de Chamrousse también se puede disfrutar del Sunset-Park, zona para snowboarders con numerosos obstáculos o el Kidpark para niños.

En verano se puede disfrutar en ambos niveles del Bike Park, Hike Park y también son un punto de partida para las diferentes vías ferratas. La Imagen 2 del anexo es un mapa del Bike Park.

Por último, Chamrousse 1600 (Plateau de l'Arselle) es una zona reservada de 40 km para el esquí nórdico con 13 pistas, por lo que solo está abierto en invierno. Además, dispone de 16 km de senderos para disfrutarlos con raquetas de nieve.

Partiendo de Casserousse a 1400 m o de la zona de Bachat-Bouloud hasta el punto más alto de la estación, se pueden recorrer los dos itinerarios destinados al esquí de travesía.

El punto más alto de la estación, Croix de Chamrousse, se encuentra a 2250 metros sobre el nivel del mar y es la última cumbre importante de la cordillera de Belledonne. Se podría decir que domina todo el complejo, ya que desde aquí se puede acceder a todas las pistas y dominios de la estación. En la cima no solo se pueden encontrar esquiadores, sino también gente que viene a hacer buceo en los lagos Robert o al restaurante de La Croix, además hay antenas de telecomunicaciones y un transmisor para televisión y radio. Es accesible a pie o en telecabina pudiendo disfrutar de una espectacular vista del valle y de la ciudad de Grenoble. Estas maravillosas vistas se sustituyen por el mar de luces de la ciudad de Grenoble que se puede observar de noche en los famosos descensos nocturnos por la pista Gaboureaux bajo un cielo estrellado. La cota mínima está a 1400 m presentando así un desnivel de 850 m.



Esta estación dispone de 13 km<sup>2</sup> con un total de 90 km de pistas para esquí alpino, 43 pistas de todo tipo para los amantes del esquí alpino. De entre estas, abundan más las pistas fáciles con 45 km de pistas verdes y azules, 35 km de pistas rojas y 10 km de negras. De los 90 km esquiables 6 km están destinados para el esquí nocturno y 19 km son km innivados, es decir, km con nieve artificial. La pista más larga tiene una longitud de 3 km

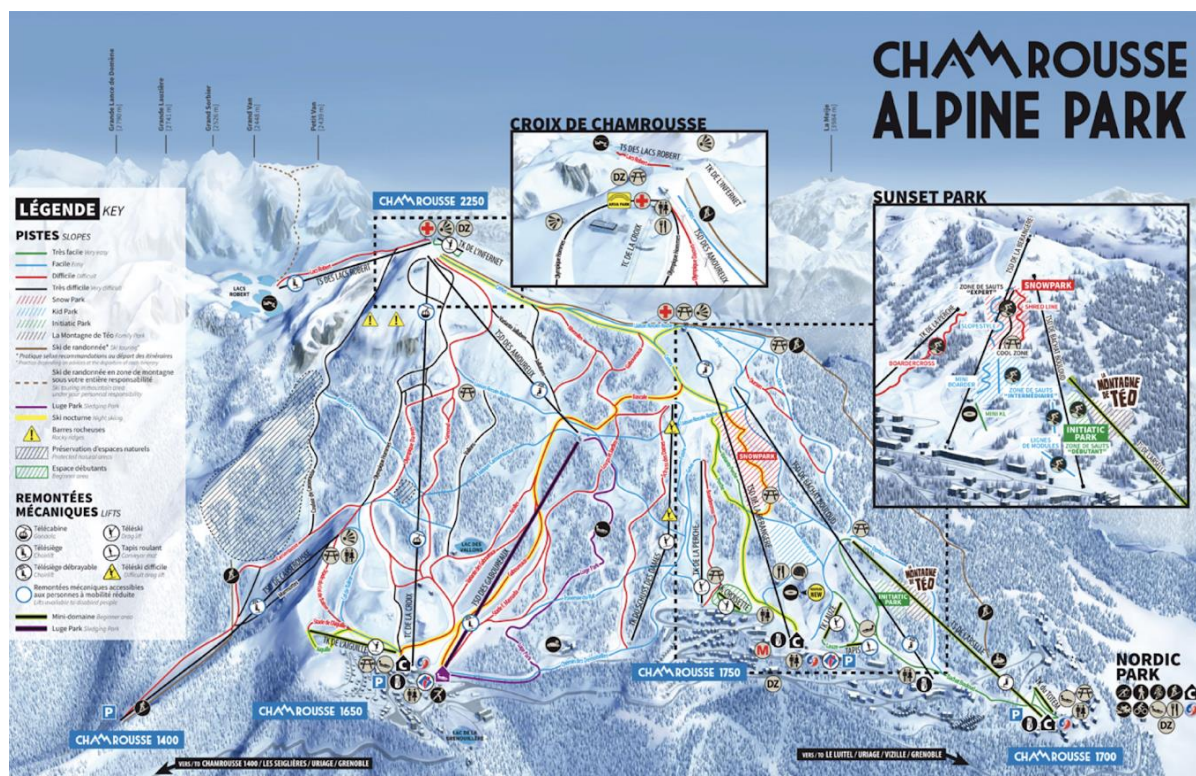


Figura 10: Actual mapa de la estación de Chamrousse

Dispone de un total de 16 remontes de los cuales 7 son telearrastres, 7 telesillas, una cinta transportadora y un teleférico que conecta Chamrousse 1650 con el punto más alto. Los telearrastres son individuales, entre los telesillas hay uno de seis plazas y el teleférico tiene capacidad para 10 personas por cabina. Más adelante se darán los detalles de todos los remontes.

Gracias a que se encuentra orientada hacia el oeste, la estación presume de tener nieve asegurada, así como varias horas de sol durante la jornada, sobre todo por la tarde hasta que se pone el sol. Chamrousse también dispone de zonas con nieve virgen para los amantes del esquí fuera de pistas, y dos snowparks para los amantes del freestyle.

El horario de la estación alpina desde principios de diciembre hasta mediados de abril es de 9h a 16.45, los jueves durante las vacaciones escolares y los sábados abre hasta las

20.30h, permitiendo así los descensos nocturnos. El resto de la temporada es de 9.15 a 16.30. El área de esquí nórdico, Chamrousse 1600, abre de diciembre a principios de abril cada día de 9h a 16.30. La zona de trineo está abierta desde finales de diciembre a principios de abril de 10.15 a 16.30 y los jueves durante las vacaciones escolares y los sábados hasta las 20.30.

En horario de verano, desde finales de junio a finales de agosto o principios de septiembre y los fines de semanas de septiembre, está abierta de 9.15 a 17h.

Todos estos horarios, así como el calendario de abertura, claramente dependen de las condiciones climáticas de cada año.

Hasta el presente, la estación de Chamrousse no se ha visto obligada a cerrar sus pistas debido al cambio climático, pero sí a abrir más tarde sus puertas por falta de nieve.

Esta temporada pasada, Chamrousse abrió sus puertas el día 7 de diciembre de 2019 y estaba previsto cerrar el 19 de abril de 2020, pero debido a la presencia del virus Covid-19 se vio obligada a cerrar sus puertas el día 15 de marzo. Según Patricia Leriche responsable de Calidad, Seguridad y Medio ambiente, se estimó al inicio del cierre por Covid-19 una falta de facturación de 1.500.000 €. En las dos últimas temporadas, a pesar del cambio climático, Chamrousse no ha tenido efectos negativos en sus cifras.

Otro dato importante es que los hábitos de los esquiadores están cambiando, ahora sus estancias son más cortas y muchos esquiadores ya no esquían todo el día, aumentando la demanda de actividades fuera del esquí.

Si eres amante de la nieve, pero no del esquí, hay muchas más actividades que se pueden disfrutar en Chamrousse. En Le Recoin se encuentran pistas especiales para trineos, y además los miércoles durante el día y los viernes por la noche se puede disfrutar de la experiencia de descender en trineo desde la Croix de Chamrousse hasta el valle.

El resto de las actividades que se pueden realizar son tales como excursiones con raquetas de nieve o en motos de nieve, patinaje sobre hielo, bucear bajo el hielo, paracaidismo o cursos de conducción sobre el hielo.

### 3.2.1. Distinciones de Chamrousse

Chamrousse ha logrado la distinción “Les Petits Montagnards” (los pequeños habitantes de la montaña) por ser una estación adecuada e ideal para familias con niños ya que presenta muchas facilidades al disponer de numerosos servicios para que tanto los niños como los padres puedan disfrutar. Entre estos servicios podemos encontrar una guardería para los más pequeños a partir de 3 meses, un parvulario de esquí y una escuela de esquí. Además, para todos los visitantes de la estación, hay servicio de buses gratuitos tanto de día como de noche en toda la estación.

Chamrousse es la primera estación de Isère en obtener la distinción Flocon Vert. Flocon Vert es una etiqueta de la asociación Mountain Riders que premia los esfuerzos de los que trabajan para un mundo más sostenible y garantiza el compromiso duradero de los destinos turísticos de montaña, y claro está que, para el mantenimiento de la etiqueta, estos deben respetarse. Todas las estaciones con esta distinción son estaciones ejemplares, comprometidas con una política a favor del desarrollo sostenible y del turismo responsable. Tras solicitar la etiqueta, se le hizo entrega a Chamrousse en enero de 2017 y los encargados de la estación trabajan para cumplir con las especificaciones e identificar las posibles áreas a mejorar para conservar el distintivo que implica continuidad. Otras estaciones como Megève, Valberg, La Pierre Saint Martin, Les Rousses, Vallée de Chamonix (Mont-Blanc) o Châtel también presumen de la distinción Flocon Vert.

Muchos de los visitantes de Chamrousse aprecian la estación cuando descubren que la estación está trabajando en este proceso, y es que las mentalidades están cambiando y cada vez más personas demandan actividades relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, al crecer la conciencia medio ambiental de la gente para preservar la Naturaleza. Por eso el turismo sostenible en las montañas es clave para la sostenibilidad del resort y no solo en temporada de nieve, porque también interesa que los turistas conozcan la montaña en otras épocas del año. La idea ahora es pasar de llamarse “estación de esquí” a llamarse “estación de montaña”.



Figura 11: Etiqueta Flocon Vert

### 3.2.2. Proyecto 2030

Se ha lanzado un proyecto llamado Chamrousse 2030, para hacer de Chamrousse la primera estación inteligente de los Alpes, ofreciendo actividades durante las cuatro estaciones del año, con tres objetivos fundamentales:

- Lograr un desarrollo económico sostenible de la estación con el uso de energías verdes para los habitantes y las diferentes estructuras, creando una central de Bio Masa.
- Integrar la oferta turística de Chamrousse con la región metropolitana, incluyendo la conexión de la estación con las localidades cercanas mediante teleféricos.
- Ofrecer experimentación a escala real con servicios innovadores integrados en una Plataforma.

Además de estos tres objetivos, se quiere aumentar la capacidad de alojamientos, para poder atender y acoger a más clientes. No solo se quiere desarrollar el turismo, sino que se quiere aumentar el número de segundas residencias o habitantes en Chamrousse ya que entre 1982 y 2012 ha disminuido un 23%.

Chamrousse se encuentra en el corazón del futuro Parque Natural Regional de Belledonne y quiere ofrecer cantidad de actividades para atraer a clientes nacionales, europeos e internacionales que deseen desconectar de las ruidosas ciudades. Se quiere conseguir un destino perfecto para familias con niños, para atletas, jubilados, jóvenes ejecutivos o estudiantes.

Todos estos cambios están pensados para hacerse en 3 etapas:

- 1ª etapa: Chamrousse Village 1650, hacer de esta zona el centro del resort, animado, atractivo y abierto todo el año.
- 2ª etapa: Modernizar Roche-Berangere 1750 y adaptarlo con zonas infantiles para acoger a familias con niños.
- 3ª etapa: Construir el teleférico Grenoble-Chamrousse.

### 3.3. Remontes mecánicos

La instalación y el mantenimiento de los remontes y el teleférico de Chamrousse se lleva a cabo por una empresa local, denominada Régie Remontées Mécaniques Chamrousse, que es una empresa especializada en remontes y teleféricos y que lleva activa 11 años. Esta empresa, no invierte sin tener en cuenta la durabilidad del equipo, ni la calidad ambiental, procurando en todo caso disminuir la contaminación y reducir la necesidad de recursos contaminantes para minimizar el impacto medioambiental. Del mismo modo, tiene en cuenta que los habitantes de Chamrousse tengan acceso a los recursos y servicios que ofrece la estación, garantizando la actividad económica y gestionando de cerca los recursos disponibles.

Como se ha comentado anteriormente, Chamrousse dispone de un total de 16 remontes de los cuales 7 son telearrastres (TK), 5 telesillas desembagables (TSD), 2 telesillas de pinza fija (TSF), una cinta transportadora y una telecabina (TC).

Las sillas de los telesillas pueden o no estar enganchadas al cable, y esa es la diferencia entre un telesilla desembagable (TSD) y uno de pinza fija (TSF). Los desembagables son aquellos que al inicio y al final del recorrido, cuando suben o bajan los esquiadores, se separan del cable y adoptan así una velocidad inferior para una mayor comodidad. Durante el recorrido están unidos al cable que va a una velocidad superior.

Los de pinza fija en cambio, son aquellos en los cuales la silla está siempre unida al cable, y por tanto a la velocidad del cable, por esta razón estos telesillas suelen ir más despacio que los desembagables.

A continuación, se presentan tres tablas con diferentes características geométricas y técnicas de los 16 remontes cuyos datos han sido proporcionados por Mario Auletto, jefe de operaciones de Régie Remontées Mécaniques Chamrousse. (*Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3*)



Nombre	Tipo de remonte	Nº de plazas por vehículo	Long. hrz.	Desnivel	Long. según pendiente	Pendiente medio	Velocidad máx.	Duración trayecto	Capacidad p/h	Sentido de ascenso	Altura máx. respecto al suelo
LA CROIX	TC	10	1854 m	582 m	1953 m	32 %	5.3 m/s	6' 8"	3000	Izq.	27.89 m
		8					6 m/s	5' 26"	2700		
GABOUREAUX	TSD	4	1084 m	313 m	1143 m	28 %	4.25 m/s	4' 30"	2100-2400	Izq.	25 m
AMOUREUX	TSD	4	1134 m	288 m	1196 m	25 %	5 m/s	4'	2100-2400	Dcha.	25 m
BACHAT BOULOU	TSD	6	1689 m	297 m	1746 m	18 %	5 m/s	5' 50"	3000	Izq.	25 m
CASSEROUSSSE	TSD	6	1267 m	454 m	1350 m	37 %	5 m/s	4' 31"	2400-2800	Izq.	25 m
ROCHE BERANGERE	TSD	4	1728 m	377 m	1777 m	21 %	5 m/s	5' 55"	2260	Dcha.	25 m
LAC ROBERT	TSF	4	982 m	246 m	1021 m	25 %	2.3 m/s	7' 20"	1200-1800	Izq.	25 m
ARSELLE	TSF	4	1016 m	163 m	1022 m	16 %	2.5 m/s	6' 50"	2090	Izq.	25 m
AIGUILLE	TK	1	-	108 m	409 m	28 %	2.5 m/s	3'	850	Dcha.	-
CROISETTE	TK	1	-	35 m	155 m	23 %	2.53 m/s	1' 12"	900	Dcha.	-
INFERNET	TK	1	-	27 m	169 m	16 %	3.14 m/s	54"	665	Dcha.	-
LAUZE	TK	1	-	35 m	155 m	23 %	2.53 m/s	1' 12"	900	Izq.	-
PERCHE	TK	1	-	156 m	786 m	20 %	3.52 m/s	3' 43"	900	Dcha.	-
SCHUSS	TK	1	-	315.5 m	1226 m	126 %	3.5 m/s	5' 50"	600	Dcha.	-
TOTEM 1	TK	1	-	15.5 m	135 m	10 %	2.6 m/s	52"	600	Izq.	-
TAPIS LAUZE	Cinta transportadora		-	13.8 m	125 m	11 %	1.2 m/s	1' 44"	2160	-	-

Tabla 1





Nombre	Número CAIRN	Constructor	Modelo	Año de la primera puesta en servicio	Número de vehículos	Espacio entre vehículos	Diámetro del cable	Número de pilonas	Servicio en verano	Servicio en invierno	Servicio nocturno
LA CROIX	CAIRN 380653	POMAGALSKI	MULTIX GD8-10	2009	70 +1 servicio	63.60 m	50 mm	16	Si	Si	Si
GABOUREAUX	CAIRN 380490	POMAGALSKI	OMEGA	1992	81	29.14 m	40.5 mm	12	No	Si	Si
AMOUREUX	CAIRN 380491	POMAGALSKI	COMPET 5	1992	75	34.29 m	40.5 mm	14	No	Si	No
BACHAT BOULOD	CAIRN 380608	POMAGALSKI	PHOENIX 6 (GAME 21)	2005	101	36 m	45 mm	16	Si	Si	No
CASSEROUSSÉ	CAIRN 380696	POMAGALSKI	MULTIX	2016	64	44.74 m	46 mm	12	No	Si	No
ROCHE BERANGERE	CAIRN 380092	POMAGALSKI	-	1986	114	31.86 m	40.5 mm	19	No	Si	Si
LAC ROBERT	CAIRN 380557	POMAGALSKI	ALPHA	1997	75	27.6 m	40.5 mm	11	No	Si	No
ARSELLE	CAIRN 380609	POMAGALSKI	UNIFIX	2005	121	17.22 m	40.5 mm	10	No	Si	No
AIGUILLE	CAIRN 380678	POMAGALSKI	T45	2013	86	10.59 m	16 mm	5	No	Si	Si
CROISETTE	CAIRN 380103	POMAGALSKI	H40	1970	35	10.12 m	12 mm	3	No	Si	No
INFERNET	CAIRN 380588	GMM	D25	2002	35	17 m	12 mm	3	No	Si	No
LAUZE	CAIRN 380365	POMAGALSKI	H40	1979	35	10.12 m	12 mm	3	No	Si	No
PERCHE	CAIRN 380106	GMM	T100	1972	112	14.1 m	16 mm	7	No	Si	No
SCHUSS	CAIRN 380107	GMM	T100	1976	116	21 m	16 mm	18	No	Si	No
TOTEM 1	CAIRN 380110	GMM	D8	1966	19	15.6 m	10 mm	2	No	Si	No
TAPIS LAUZE	CAIRN 380677	SUNKID	SKD18	2013	-	2 m	-	-	No	Si	No

Tabla 2



Nombre	Posición de la estación <b>motora</b>	Posición de la estación <b>retorno</b>	Tipo de tensión	Ubicación de la estación de tensión	Tensión nominal (daN)	Presión nominal (Bar)	Potencia principal instalada (kW)	Momento de potencia STRMTG (km.esq/h)
LA CROIX	Estación superior	Estación inferior	Hidráulica	Estación inferior	42400	167	830	1746
GABOUREAUX	Estación superior	Estación inferior	Hidráulica	Estación inferior	18200	121		657
AMOUREUX	Estación inferior	Estación superior	Hidráulica	Estación superior	31000	103		605
BACHAT BOULOU	Estación superior	Estación inferior	Hidráulica	Estación inferior	29000	165	516	891
CASSEROUSSE	Estación superior	Estación inferior	Hidráulica	Estación inferior	38000	134		1090
ROCHE BERANGERE	Estación inferior	Estación superior	Hidráulica	Estación superior	37400	124		852
LAC ROBERT	Estación superior	Estación inferior	Hidráulica	Estación superior	23000	100		295
ARSELLE	Estación superior	Estación inferior	Hidráulica	Estación superior	42000	140		341
AIGUILLE	Estación inferior	Estación superior	Hidráulica	Estación inferior	5600	59	45	92
CROISETTE	Estación inferior	Estación superior	Contrapeso	Estación superior	1800	900	15	32
INFERNET	Estación inferior	Estación superior	Contrapeso	Estación superior	2400	1200	18	18
LAUZE	Estación inferior	Estación superior	Contrapeso	Estación superior	1800	900	15	32
PERCHE	Estación inferior	Estación superior	Contrapeso	Estación superior	6200	1600	75	140
SCHUSS	Estación inferior	Estación superior	Hidráulica	Estación superior	6200	114.1	75	189
TOTEM 1	Estación inferior	Estación superior	Contrapeso	Estación superior	1500	750	15	9
TAPIS LAUZE	Estación superior	Estación inferior	Hidráulica	Estación inferior	-	100	18.5	-

Tabla 3



CAIRN (CAlogue Informatisé des Remontées mécaniques Nationales (“Catálogo informatizado de remontes mecánicos nacionales”)) es la nueva base de datos desde 2014, y contiene las características técnicas y administrativas de 3700 remontes en Francia.

STRMTG es el Servicio Técnico de Remontes Mecánicos y Transporte Guiado (Service Technique des Remontées Mécaniques et Transports Guidés) administrador de CAIRIN.

En la *Tabla 3* se ha calculado el momento de potencia (MP) de un remonte mecánico utilizado por STRMTG, es una cantidad convencional y se calcula de la siguiente manera: (Los datos para calcular el MP se encuentran en la *Tabla 1*)

$$MP = \frac{\text{capacidad } p/h \cdot \text{desnivel}}{10000} \quad [\text{km.esquiadores/h}]$$

Se puede calcular el momento de potencia total del conjunto de remontes de la estación como la suma de los momentos de potencia de cada remonte.

$$MP \text{ total} = \sum_i^n MP_i = 6988 \text{ km.esq/h}$$

La estación inferior del teleférico La Croix, que se encuentra a 1671 m, cuenta con un garaje subterráneo para guardar y proteger las cabinas en caso de importantes fenómenos climáticos, un ascensor permite bajarlas al garaje. En la estación inferior del telesilla Amoureux también se pueden guardar la mayoría de las sillas ya que la parte superior de esta línea está en una zona muy expuesta al viento y las heladas son frecuentes. A diferencia de éstos, Bachat Bouloud dispone de garaje en la parte superior. Este último, es una buena opción cuando el telesilla de Berangere está saturado, que suele ser lo habitual en días muy concurridos. También funciona en verano para ciclistas, excursionistas o gente que quiere admirar las vistas y disfrutar de la montaña. En verano la mitad de las sillas de este remonte están equipadas para poder transportar bicicletas.

Amoureux y La Croix son remontes que llegan al punto más alto de la estación y dan acceso a todas las pistas. Aquí arriba también se puede encontrar el telesilla Lacs Robert o el telesquí Infernet. Este telesquí se encuentra en una zona que estaba destinada a crear un snowpark, pero tras la aparición del nuevo snowpark se dejó de utilizar. Después de varios años sin uso, se ha puesto en servicio debido a la creación de la aldea iglú Blacksheep situada al lado de la estación inferior.

Gaboureaux también da acceso a muchas líneas incluida la pista de slalom o la pista de esquí nocturno.

## 4. Actuaciones de mejora a nivel energético

Con el cambio climático afectando al planeta, cada vez es más frecuente el uso de energías renovables en el día a día. Estas energías verdes pueden ser: la energía solar (sol), la energía hidráulica (la que se obtiene de ríos o corrientes de agua dulce), la energía eólica (viento) o biomasa (la que se extrae de materia orgánica). Las energías renovables son inagotables, no contaminan y su origen no supone ningún coste, pero al depender de la situación meteorológica deben ir respaldadas por otras que no dependan de factores ambientales.

No es extraño pensar que ésta podría ser una buena solución para una estación de esquí que anualmente consume mucha energía en cada uno de los servicios que ofrece a los clientes.

Como se ha comentado anteriormente, Chamrousse ya cuenta con un proyecto para construir una central de biomasa y así poder usar esta energía renovable para lo necesario. Por este motivo se ha decidido estudiar el ahorro de energía que provocaría una instalación con tecnología solar y eólica. Estas energías renovables van a permitir a Chamrousse el uso de una energía limpia, fiable, económica e inagotable, al igual que el mantenimiento de la distinción Flocon Vert que garantiza un desarrollo sostenible de la estación.

### 4.1. Energía solar fotovoltaica

Uno de los objetivos de este trabajo es calcular la energía que podrían producir los paneles solares para analizar la posibilidad de instalarlos en la mayoría de las cubiertas de las estaciones de los remontes y conseguir así un ahorro de energía. Como se ha comentado anteriormente, Chamrousse es una estación muy soleada, lo que motiva a realizar este estudio.

#### 4.1.1. Conceptos previos

Para poder llevar a cabo todos los cálculos es necesario conocer los diferentes factores climatológicos que afectan a una instalación con paneles solares, tales como la radiación, la irradiancia, la irradiación y la insolación.

- La radiación solar es la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas a través del vacío o de un medio material.
- Irradiancia: potencia de la radiación incidente sobre una superficie, es decir, la cantidad de energía que se capta en un área. Tiene unidades de  $W/m^2$ .  
Al exterior de la atmosfera terrestre llega una irradiancia de  $1367 W/m^2$  pero a la superficie terrestre llega menos, porque la atmosfera mediante fenómenos atmosféricos no permite que esta irradiancia llegue de forma directa sobre la superficie.
- Irradiación: Energía por unidad de superficie a lo largo del tiempo, exposición de cuerpos a un flujo de rayos de sol o radiaciones. Tiene unidades de  $Wh/m^2$ .
- Insolación: Acumulación de energía promedio durante un periodo de tiempo. Lo que lo diferencia de la irradiancia es que considera un tiempo de permanencia en la superficie, por eso tiene unidades de  $Wh/m^2$ .

Otro concepto interesante es la Hora Solar Pico (HSP) que mide la radiación solar en una determinada zona y época del año, se usa para realizar cálculos fotovoltaicos, ya que va relacionado con la cantidad de energía que genera una placa solar. Es la energía por unidad de área que recibiría si la irradiancia solar fuera constante e igual a  $1000 W/m^2$ , es decir, el número de horas en las que el sol debería estar emitiendo con una intensidad de  $1000 W/m^2$  para obtener la energía que se generaría en todo un día. Una HSP es lo mismo que  $1 kWh/m^2$ . De este modo, 1 HSP es lo mismo que  $1 kWh/m^2$ .

$$HSP = \frac{\text{irradiación}}{\text{irradiancia}} = \frac{\text{irradiación}}{1000 W/m^2} = [h/dia]$$

El sol no presenta la misma intensidad durante todo el día, por eso un panel solar no generará la misma energía a lo largo del día. Esta energía también depende de la localización geográfica y de la época del año, ya que en zonas más calurosas la irradiación es mayor, al igual que en los meses de verano. Por eso es entendible que la HSP sea mayor en verano que en invierno, siendo en ambos casos inferior a las horas totales de luz del día.

#### 4.1.2. Datos de Chamrousse

Observando los mapas de irradiación de Francia preparados por Solargis y publicados por Global Solar Atlas, se puede ver que Chamrousse, situada al sureste de Grenoble, se encuentra en una de las zonas con mayor irradiación y por tanto mayor potencial de energía fotovoltaica.

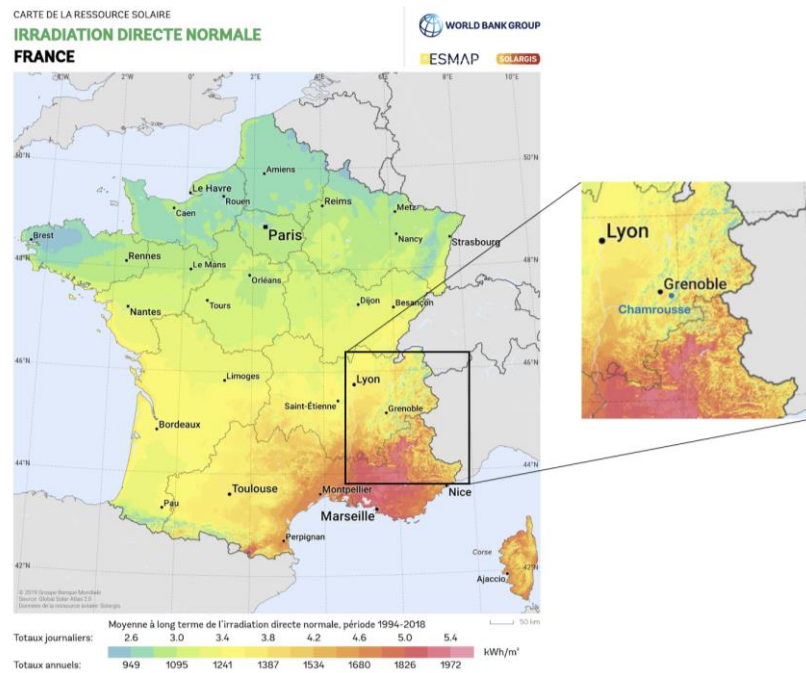


Figura 12: Mapa de la irradiación en Francia con aumento en la zona de Chamrousse

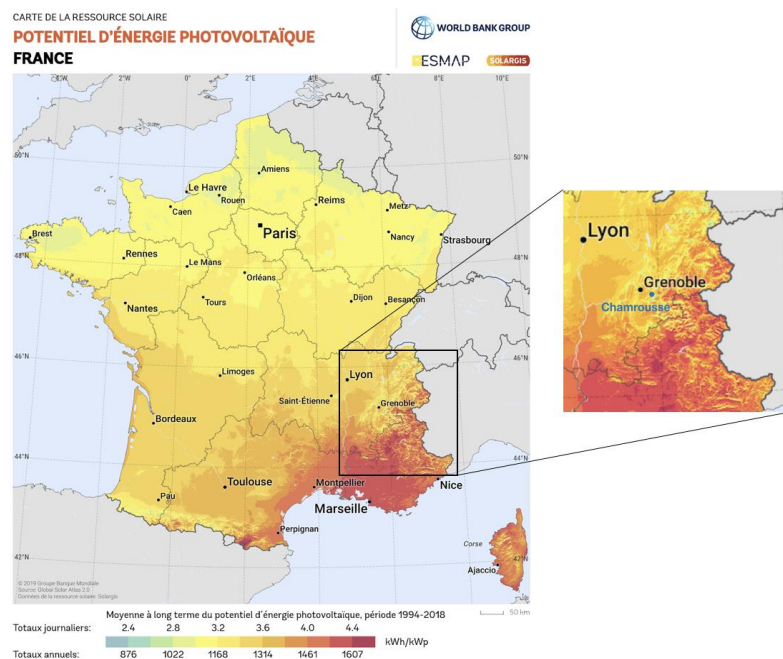


Figura 13: Mapa del potencial de energía fotovoltaica de Francia con aumento en la zona de Chamrousse

Las temperaturas medias registradas en Chamrousse son -6°C de mínima en enero y casi 12°C de máxima en julio. La siguiente tabla se ha elaborado con los datos del año 2019 recogidos por la estación meteorológica de la Croix de Chamrousse, el punto más alto de la estación:

	Tª media (°C)	Tª max (°C)	Tª min (°C)	Horas de sol	Valor max de radiación instantanea (W/m2)	Energia solar acumulada (kWh/m2)
Enero	-6,1	8	-15,2	129	506	43
Febrero	-0,45	10,6	-11,8	111,36	587	47
Marzo	-1,95	8,1	-11,9	192	1035	115
Abril	-1,05	7,3	-10,2	168,18	1239	138
Mayo	0,45	8,2	-10,6	119,14	1266	127
Junio	11,25	22,8	-1,6	220	1155	181
Julio	11,85	19,9	2,8	228,17	1127	183
Agosto	11,7	18,6	2,7	229	1034	156
Septiembre	8,05	15,6	-2,7	189,5	907	111
Octubre	5,9	13,1	-3,6	139,17	752	72
Noviembre	-2,2	9,7	-9,3	99	564	43
Diciembre	-0,3	8	-11,1	125,33	476	38

*Tabla 4: Datos recogidos por la estación meteorológica de Chamrousse*

Es interesante saber el número de días al año en los cuales se puede uno beneficiar de la luz solar. No solo es interesante por su papel beneficioso para la salud o el impacto que tiene en las temperaturas, sino que también es útil para saber si vale la pena instalar paneles solares en según qué regiones, y por eso se va a usar el concepto de hora solar pico.

Como se ha comentado, la HSP depende de la localización geográfica, y por eso es necesario conocer la latitud y longitud del lugar a estudiar. Chamrousse tiene una latitud de 45,12° N y una longitud de 5,87° E.

La plataforma POWER Data Access Viewer permite predecir los recursos energéticos mundiales, proporciona datos solares y meteorológicos de la NASA para respaldar la energía renovable, la eficiencia energética de los edificios y las necesidades agrícolas. Gracias a esta base de datos se han obtenido las horas de sol pico (HSP) en la estación de Chamrousse para cada mes dependiendo del ángulo. Los datos son los siguientes:

1	PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2	SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL	1,29	2,02	3,36	4,2	5,11	5,9	6,18	5,23	3,84	2,26	1,44	1,07	3,49
3	SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15	1,85	2,67	3,98	4,51	5,06	5,64	6,02	5,46	4,42	2,93	2,03	1,55	3,84
4	SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE	2	2,8	4,01	4,33	4,69	5,14	5,52	5,17	4,39	3,04	2,19	1,69	3,75
5	SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15	2,06	2,8	3,83	3,96	4,13	4,46	4,82	4,67	4,14	3	2,23	1,74	3,49
6	SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL	1,84	2,37	2,96	2,69	2,58	2,67	2,92	3,08	3,07	2,47	1,97	1,57	2,52
7	SI_EF_OPTIMAL	2,06	2,82	4,02	4,52	5,21	5,92	6,24	5,5	4,44	3,05	2,23	1,74	3,98
8	SI_EF_OPTIMAL_ANG	59,5	52	39,5	25,5	13,5	7	9	21,5	35,5	48,5	57,5	61	36
9	SI_EF_OPTIMAL_ANG_ORT	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
10	SI_EF_TRACKER	2,18	3,13	4,68	5,65	6,18	7,45	8,15	6,9	5,27	3,43	2,45	1,84	4,78

*Tabla 5: Datos obtenidos de la plataforma POWER Data Access Viewer*

La primera fila indica las HSP en placas solares inclinadas con un ángulo de  $0^\circ$ , la sexta indica las HSP con un ángulo de  $90^\circ$ , la tercera son las HSP obtenidas con un ángulo en las placas solares igual a la latitud del lugar, es decir  $45^\circ$ , y las otras dos son la latitud más  $15^\circ$  ( $60^\circ$ ) y menos  $15^\circ$  ( $30^\circ$ ).

En la octava fila aparece el ángulo de inclinación óptimo para captar el máximo de energía solar en cada mes del año, y como se puede ver, el ángulo es mayor en los meses de invierno y menor en verano, cuando el sol se encuentra en la parte más alta. Debido a la latitud de la estación, el ángulo óptimo medio para todo el año sería de  $36^\circ$ .

Si se observa la última columna con la media anual de HSP, se puede ver que el mejor ángulo sería el de  $30^\circ$  ( $15^\circ$  menos que la latitud) ya que la media de HSP es superior (3,84).

Adjuntando en Excel un formato condicional, se ha podido observar cuales son los mejores ángulos y en que meses. Las casillas con valores máximos y por tanto más favorables están en verde y los mínimos en rojo. Está claro que, en verano, los mejores ángulos son los que se acercan a la horizontal y a medida que avanza el invierno el ángulo aumenta.

PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL	1,29	2,02	3,36	4,2	5,11	5,9	6,18	5,23	3,84	2,26	1,44	1,07	3,49
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15	1,85	2,67	3,98	4,51	5,06	5,64	6,02	5,46	4,42	2,93	2,03	1,55	3,84
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE	2	2,8	4,01	4,33	4,69	5,14	5,52	5,17	4,39	3,04	2,19	1,69	3,75
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15	2,06	2,8	3,83	3,96	4,13	4,46	4,82	4,67	4,14	3	2,23	1,74	3,49
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL	1,84	2,37	2,96	2,69	2,58	2,67	2,92	3,08	3,07	2,47	1,97	1,57	2,52

Tabla 6: HSP de cada mes en formato condicional dependiendo del ángulo

La media anual de HSP con el ángulo de  $30^\circ$  es muy similar a la de  $45^\circ$ . En los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre es mejor un ángulo de  $30^\circ$  pero en octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo sería mejor el ángulo de  $45^\circ$ . En la Tabla 5 se ha visto que la media anual del ángulo óptimo para Chamrousse es un ángulo de  $36^\circ$  y hay varios estudios que dan la irradiación de Chamrousse con un ángulo de  $36^\circ$  con una media anual de  $4,09 \text{ kWh/m}^2$ . Sabemos que la irradiación en  $\text{kWh/m}^2$  es equivalente a las HSP, por tanto, sería una media de 4,09 horas, superior a la media de horas anual con los otros ángulos. Para este ángulo los valores son los siguientes:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2,04	2,89	4,23	4,71	5,08	5,65	6,18	5,77	4,96	3,68	2,16	1,68

Tabla 7: HSP de cada mes para realizar el estudio

Para llevar a cabo los cálculos de la generación de energía se usarán los datos de HSP de la tabla anterior y el ángulo de  $36^\circ$ .



#### 4.1.3. Instalación de los paneles

Se ha llevado a cabo un estudio para deducir cuales de los remontes son los ideales para instalar paneles solares y como deben éstos estar instalados.

Analizando un mapa de la estación, estudiando su orientación y la orientación de cada uno de los remontes, se ha decidido colocar paneles solares en aquellos que disponen de una mayor cantidad de horas de sol. La mayoría de sus remontes están orientados hacia el sudoeste lo que hace que tengan varias horas con luz solar, sobre todo por la tarde. Estos son: el teleférico de La Croix, los telesillas Amoureux, Bachat Bouloud, Roche Berangere y Arselle, y los telesquís Aiguille, Croisette, Infernet, Lauze, Perche, Totem 1. En los que más interesa poner placas son en el teleférico de La Croix y el telesilla Bachat Bouloud, ya que son los remontes que también ofrecen su servicio en la temporada de verano.

Aun así, hay algunos remontes con diferente orientación, que tienen alguna de sus estaciones en una zona con bastante luz solar y bien orientados. Los telesillas Lac Robert y Casserousse se encuentran en el lado norte de la estación y en un principio no se iban a colocar placas, pero las estaciones superiores de estos se encuentran en una buena zona; así como también la estación inferior de Gaboureaux que está situada al lado de la estación inferior del teleférico.

Por tanto, se ha decidido instalar paneles solares en las siguientes estaciones:

- Estación inferior y superior del teleférico La Croix
- Estación inferior del telesilla Gaboureaux y Arselle
- Ambas estaciones del telesilla Bachat Bouloud y Roche Berangere
- Estación superior del telesilla Casserousse y Lac Robert
- Estación inferior de los telesquís Croisette, Infernet, Lauze y Perche

Para poder colocar las placas solares primero hay que saber la inclinación del tejado y el número de paneles solares que se podrán implementar y para eso se necesita el área del tejado disponible para colocarlas. Para calcular el área de las diferentes cubiertas de las estaciones, se ha utilizado la aplicación CalcMaps.

De entre los remontes, hay 4 tipos diferentes de estaciones con diferentes tejados donde colocar las placas (zona en color naranja):



- Tanto en las estaciones del teleférico La Croix como en la superior de Casserouse, los paneles solares se colocarán sobre un tejado plano. El área es de 85 m<sup>2</sup>.

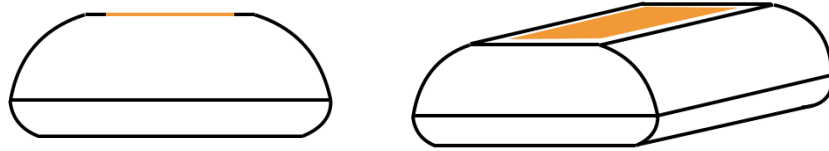


Figura 14: Diferentes vistas de un tipo de estación de remonte con la zona destinada a la instalación de paneles señalada

- La cubierta de las estaciones de Bachat Bouloud está inclinada con un ángulo de 25°, solo se colocarán paneles en aquel lado orientado al sur ya que el otro lado quedaría a la sombra y no se podría aprovechar. El área de cada faldón del tejado es de 70 m<sup>2</sup>.

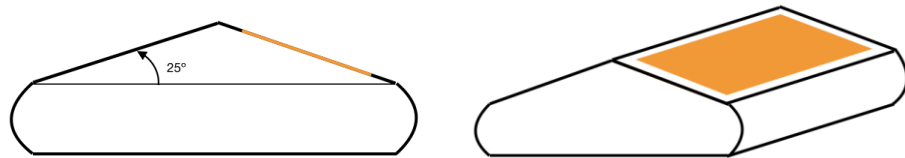


Figura 15: Diferentes vistas de un tipo de estación de remonte con la zona destinada a la instalación de paneles señalada

- El telesilla Arselle y los telesquíes no tienen estaciones cubiertas como las anteriores, sino una simple estructura de hierro, por eso en estos casos los paneles solares se colocarán en las casetas de control. Estas casetas son todas iguales con un faldón de área 10 m<sup>2</sup> y una inclinación de 30°. Al ser inclinado, también se colocarán los paneles solo en el faldón orientado al sur.

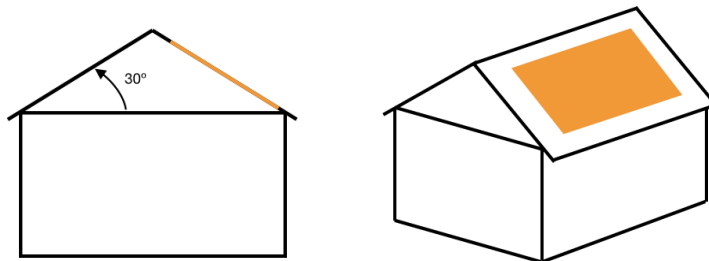


Figura 16: Diferentes vistas de una caseta de control con la zona destinada a la instalación de paneles señalada

- La estación inferior del telesilla Gaboureaux como la superior de Lac Robert o las de Roche Berangere son estructuras más sencillas con una pequeña parte plana en el tejado.
  - Gaboureaux: 35 m<sup>2</sup>.
  - Lac Robert: 16 m<sup>2</sup> + 1 caseta de control de 10 m<sup>2</sup> por faldón.
  - Roche Berangere: 45 m<sup>2</sup> cada estación + 1 caseta de control de 10 m<sup>2</sup> por faldón en la estación inferior.

Una vez calculadas las áreas disponibles de las cubiertas, hay que calcular el área que ocupa un panel para poder así obtener el número de paneles que se pueden colocar. Los paneles utilizados serán paneles de 1,7 m x 1 m.

Con ayuda de la plataforma digital de *monsolar* se calculará la separación entre las filas de las placas solares para evitar las sombras que se puedan hacer unas a otras. La calculadora de separación de filas entre las placas ofrece tres opciones dependiendo de la inclinación del tejado.

Para los tejados planos el esquema de la instalación es el presente en la *Figura 17* y para obtener los resultados de d1 y d2 se han de introducir varios datos tal y como se muestra en la *Figura 18*.

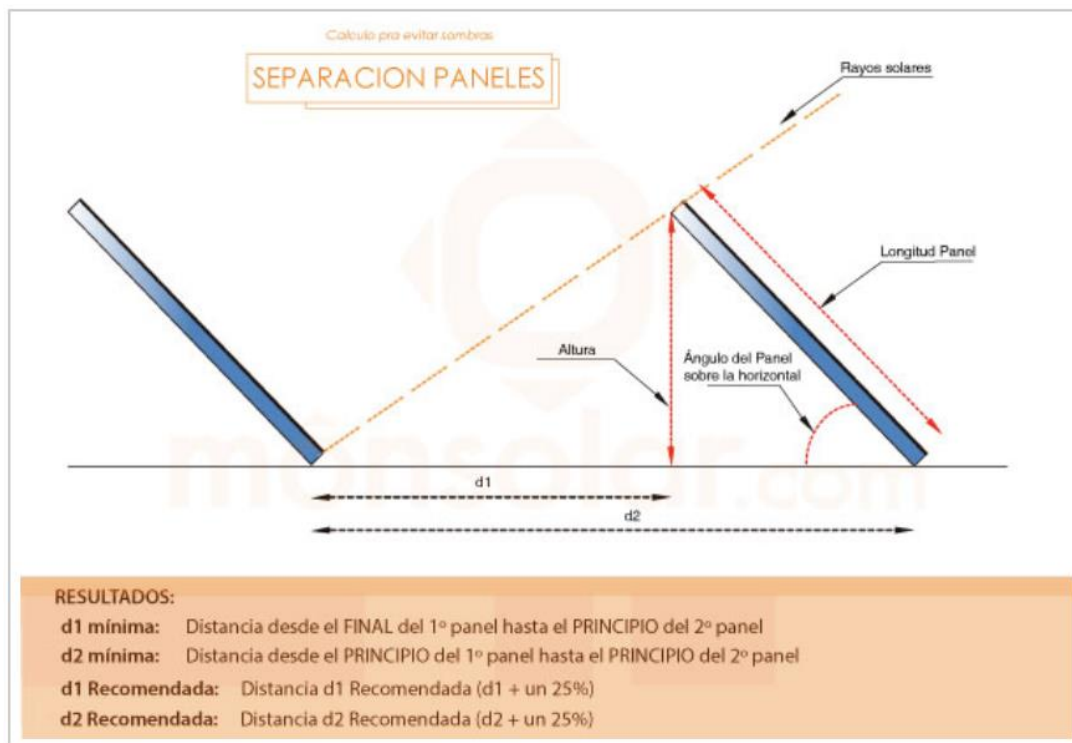


Figura 17: Esquema de la instalación de paneles en un tejado plano

Uno de los datos necesarios para el cálculo de las distancias es la longitud del panel, pero ésta depende de si el panel está instalado en vertical o en horizontal, la longitud será el largo de la placa si se instala en vertical y el ancho si se instala en horizontal. Sabiendo las distancias entre paneles se puede calcular el área que ocupa un panel teniendo en cuenta la sombra producida, se ha realizado el cálculo instalando el panel tanto en vertical como en horizontal y el área que ocupa un panel es ligeramente inferior en la instalación de los paneles en horizontal. Por tanto, se realizará la instalación en horizontal para poder instalar más paneles, la longitud del panel será el ancho del panel, es decir, 1 m.

Tipo de Tejado	Ángulo de inclinación tejado (Ángulos en positivo)	Latitud del lugar	Longitud del panel en metros	Ángulo del panel sobre la Horizontal
Horizontal	0	45.	1	36

Figura 18: Datos a introducir para obtener los resultados

d1 mínima	d1 Recomendada	d2 mínima	d2 Recomendada
1.501	1.877	2.310	2.888

Figura 19: Resultados obtenidos en la plataforma *monsolar* con un tejado plano

Según explica Jorge Insa en la plataforma *monsolar*, la distancia d1 mínima y d2 mínima garantizan la máxima producción solar teniendo alguna sombra al inicio y final del día en invierno, en cambio la d1 recomendada y d2 recomendada aseguran 0 sombras durante todo el año. En este estudio se utilizará la distancia recomendada.

Sabiendo la distancia d2 se puede calcular el área necesaria para la instalación del panel sin producir sombra, es decir, la parte de área del tejado que ocupará un panel solar. Esta área será la distancia d2 por la anchura del panel que en nuestro caso es 1,7 m, y el área necesaria para instalar un panel es 4,9096 m<sup>2</sup>.

$$\text{Área}_{\text{panel}} = d2_{\text{recomendada}} \cdot \text{anchura panel} = 2,888 \cdot 1,7 = 4,9096 \text{ m}^2$$

Anteriormente se ha comentado que las estaciones con cubiertas planas como las del teleférico o Casserousse tiene un área de 85 m<sup>2</sup>. Conociendo el área total y el área de un

panel se pueden calcular el número de paneles que se pueden instalar en estas tres estaciones. En cada una de las estaciones del teleférico y en la de Casserousse se pueden instalar 17 paneles.

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{Área de la cubierta}}{\text{Área del panel}} = \frac{85 \text{ m}^2}{4,9096 \text{ m}^2} = 17,31$$

En la estación del telesilla de Gaboureaux, la cubierta tiene una parte plana que mide 35m<sup>2</sup>, por tanto, se pueden instalar 7 paneles solares.

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{Área de la cubierta}}{\text{Área del panel}} = \frac{35 \text{ m}^2}{4,9096 \text{ m}^2} = 7,12$$

En la cubierta del telesilla de Lac Robert de 16 m<sup>2</sup> se pueden instalar 3 paneles solares.

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{Área de la cubierta}}{\text{Área del panel}} = \frac{16 \text{ m}^2}{4,9096 \text{ m}^2} = 3,25$$

Ambas cubiertas de Roche Berangere tienen una superficie plana de 45 m<sup>2</sup> en los que se pueden instalar 9 paneles solares

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{Área de la cubierta}}{\text{Área del panel}} = \frac{45 \text{ m}^2}{4,9096 \text{ m}^2} = 9,16$$

Para los tejados inclinados el esquema es el siguiente:

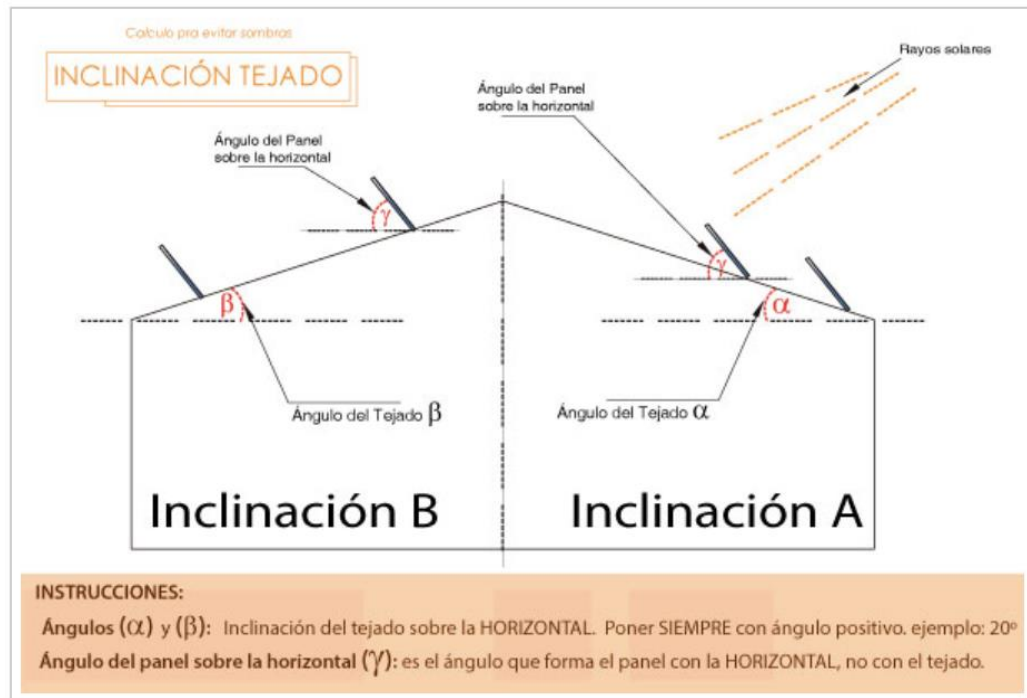


Figura 20: Esquema de la instalación de paneles en planos inclinados

En este estudio se realizarán los cálculos con la inclinación tipo A, en el faldón más orientado al sur para conseguir una mayor eficiencia. El ángulo óptimo del panel de 36° siempre será sobre la horizontal y no sobre el tejado.

El primer caso es el de las estaciones de Bachat Bouloud en las cuales el tejado presenta una inclinación de 25°. En este caso da lo mismo si se instalan vertical o horizontalmente, se realizará una instalación horizontal igual que el caso anterior.

Tipo de Tejado	Ángulo de inclinación tejado (Ángulos en positivo)	Latitud del lugar	Longitud del panel en metros	Ángulo del panel sobre la Horizontal
Inclinación A	25	45.	1	36

Figura 21: Datos a introducir para obtener los resultados

d1 mínima	d1 Recomendada	d2 mínima	d2 Recomendada
0.182	0.227	1.163	1.454

Figura 22: Resultados obtenidos en la plataforma monsolar con un tejado de 25° de inclinación

Utilizando el dato de  $d2$  recomendada se calcula el área que ocupará la instalación de un panel teniendo en cuenta la sombra producida.

$$\text{Área}_{\text{panel}} = d2_{\text{recomendada}} \cdot \text{anchura panel} = 1,454 \cdot 1,7 = 2,4718 \text{ m}^2$$

Ambas estaciones de Bachat Bouloud son de tejado inclinado con faldón de  $70 \text{ m}^2$ , por tanto el número de paneles posibles a instalar en cada una de las cubiertas son 28 paneles.

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{Área de la cubierta}}{\text{Área del panel}} = \frac{70 \text{ m}^2}{2,4718 \text{ m}^2} = 28,32$$

Para el telesilla de Arselle, todos los telesquís y la caseta de control del telesilla Lac Robert y Roche Berangere, se va a realizar el mismo cálculo, pero esta vez con una inclinación del tejado de  $30^{\circ}$ .

Tipo de Tejado	Ángulo de inclinación tejado (Ángulos en positivo)	Latitud del lugar	Longitud del panel en metros	Ángulo del panel sobre la Horizontal
Inclinación A	30	45.	1	36

Figura 23: Datos a introducir para obtener los resultados

d1 mínima	d1 Recomendada	d2 mínima	d2 Recomendada
0.084	0.104	1.078	1.348

Figura 24: Resultados obtenidos en la plataforma monsolar con un tejado de  $30^{\circ}$  de inclinación

$$\text{Área}_{\text{panel}} = d2_{\text{recomendada}} \cdot \text{anchura panel} = 1,348 \cdot 1,7 = 2,2916 \text{ m}^2$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{Área de la cubierta}}{\text{Área del panel}} = \frac{10 \text{ m}^2}{2,2916 \text{ m}^2} = 4,36$$

En este caso el área que ocupa un panel será  $2,2916 \text{ m}^2$  y en los  $10 \text{ m}^2$  de superficie disponible para instalar, se podrán instalar 4 paneles en cada estación de los remontes.

La tabla que se adjunta a continuación muestra los paneles que se pueden instalar en cada remonte y en cuál de las estaciones.

NOMBRE REMONTE	TIPO DE REMONTE	Nº DE PANELES
LA CROIX (Ambas estaciones)	TC	2 x 17=34 paneles
GABOUREAUX (Estación inferior)	TSD	7 paneles
BACHAT BOULLOUD (Ambas estaciones)	TSD	2 x 28 = 56 paneles
CASSEROUSSE (Estación superior)	TSD	17 paneles
ROCHE BERANGERE (Ambas estaciones + caseta de control)	TSD	(2 x 9) + 4=22 paneles
LAC ROBERT (Estación superior + caseta de control)	TSF	3+4=7 paneles
ARSELLE (Estación inferior)	TSF	4 paneles
CROISETTE (Estación inferior)	TK	4 paneles
INFERNET (Estación inferior)	TK	4 paneles
LAUZE (Estación inferior)	TK	4 paneles
PERCHE (Estación inferior)	TK	4 paneles
<b>TOTAL</b>		<b>163 paneles</b>

Tabla 8: Número de paneles por remonte y totales

En total se instalarán 163 paneles solares en las cubiertas de las estaciones de los remontes y en las casetas de control.

Los paneles solares más eficientes, son aquellos que tienen un rendimiento superior al 19%, así que los paneles elegidos para instalar en Chamrousse serán los paneles de tipo cristalino con una potencia de 330 W y una eficiencia del 19,4%. Hay paneles con eficiencias superiores a 20% y los expertos las aconsejan porque el rendimiento será mayor pasados unos 25 años, pero en este caso se ha decidido no optar por estos paneles ya que debido a los efectos del cambio climático no sabemos cómo puede estar la estación después de 20 años.

#### 4.1.4. Energía generada por los paneles

La energía generada por un panel solar durante un día se calcula con la siguiente fórmula:

$$E_{panel\ solar} = I_{panel} \cdot V_{panel} \cdot HSP \cdot \eta_{panel} = Potencia_{panel} \cdot HSP \cdot \eta_{panel}$$

Calcularemos la energía que se genera cada mes a partir de la potencia del panel seleccionado y de las HSP mensuales obtenidas. Está estipulado que, para realizar este cálculo, el valor del rendimiento sea de 90%.

Se ha calculado la energía media generada por un panel solar en Wh para cada mes con los valores de HSP correspondientes al ángulo de 36°, los resultados se encuentran en la siguiente tabla:

MES	36°	Energía (Wh)
Enero	2,04	605,88
Febrero	2,89	858,33
Marzo	4,23	1256,31
Abril	4,71	1398,87
Mayo	5,08	1508,76
Junio	5,65	1678,05
Julio	6,18	1835,46
Agosto	5,77	1713,69
Septiembre	4,96	1473,12
Octubre	3,68	1092,96
Noviembre	2,16	641,52
Diciembre	1,68	498,96
<b>TOTAL</b>		<b>14561,91</b>

Tabla 9: HSP para un ángulo de 36° y energía generada por el panel



Teniendo en cuenta el número de paneles en cada una de las cubiertas de las estaciones, se puede calcular la energía que se generaría en cada remonte.

NOMBRE REMONTE	TIPO DE REMONTE	Nº DE PANELES	ENERGÍA generada por los paneles al año
LA CROIX (Ambas estaciones)	TC	2 x 17=34 paneles	495,105 kWh
GABOUREAUX (Estación inferior)	TSD	7 paneles	101,933 kWh
BACHAT BOULLOUD (Ambas estaciones)	TSD	2 x 28 = 56 paneles	815,467 kWh
CASSEROUSSE (Estación superior)	TSD	17 paneles	247,552 kWh
ROCHE BERANGERE (Ambas estaciones + caseta de control)	TSD	(2 x 9) + 4=22 paneles	320,362 kWh
LAC ROBERT (Estación superior + caseta de control)	TSF	3+4=7 paneles	101,933 kWh
ARSELLE (Estación inferior)	TSF	4 paneles	58,247 kWh
CROISETTE (Estación inferior)	TK	4 paneles	58,247 kWh
INFERNET (Estación inferior)	TK	4 paneles	58,247 kWh
LAUZE (Estación inferior)	TK	4 paneles	58,247 kWh
PERCHE (Estación inferior)	TK	4 paneles	58,247 kWh

Tabla 10: Energía generada por cada remonte teniendo en cuenta el número de paneles

En total, teniendo en cuenta todos los paneles, en un año se generarían 2373,59 kWh a partir de la energía solar fotovoltaica.

#### **4.1.5. Mantenimiento de los paneles solares**

Lo ideal para mantener los paneles en buen estado a pesar de su gran resistencia y durabilidad es realizar un mantenimiento mensual para asegurar el máximo de producción energética.

Los paneles tienen una inclinación de 36° lo que favorece que no se quede nieve en su superficie, además en las placas solares la nieve se derrite rápidamente lo que puede ayudar a limpiarlas. El hecho de que un panel solar no esté limpio puede ocasionar pérdidas de hasta un 8% provocadas por polvo, algo de nieve acumulada, excrementos de ave o cualquier otra partícula que no favorezca al funcionamiento de éstos.

Este mantenimiento lo pueden llevar a cabo los encargados de mantenimiento de cada remonte ya que no presenta mucha dificultad, los trabajadores deberían subir al tejado y limpiar los paneles con una esponja suave y una pequeña cantidad de jabón, y posteriormente aclarar con abundante agua.

Además de mantener limpios los paneles, es importante hacer un seguimiento de la estructura que los soporta y comprobar que las placas no se degradan.

## **4.2. Energía eólica**

Otra propuesta para conseguir un ahorro de energía en la estación de Chamrousse es utilizar la energía eólica para transformarla en electricidad mediante aerogeneradores.

### **4.2.1. Conceptos previos**

La energía eólica es la energía cinética del viento generada por las corrientes de aire y que se puede transformar por ejemplo en electricidad para poder así aprovecharla.

Actualmente esta fuente de energía renovable se utiliza en todo el mundo, se han instalado numerosos aerogeneradores para formar parques eólicos en zonas con bastante viento y producir una gran cantidad de electricidad que sirve para abastecer miles de hogares. Esta importante fuente de energía se empezó a desarrollar a partir de la crisis del petróleo, como alternativa para generar energía eléctrica, ya que, antiguamente solo se usaba la energía del viento para los molinos destinados a moler el grano, a sacar agua de los pozos, para propulsar las naves o para alguna que otra utilidad.

#### 4.2.2. Datos de Chamrousse

El punto más alto de la estación está expuesto a mucho viento por lo que es un buen sitio para instalar aerogeneradores y así producir energía eléctrica para los diferentes remontes. Como se ha comentado anteriormente, en la cima se encuentran las estaciones del teleférico La Croix y de los telesillas Amoureux y Lac Robert.

Otra zona despejada de la estación y por tanto expuesta también a bastante viento es el lugar donde llega el telesilla Berangere.

A partir de la aplicación francesa INFOCLIMAT, se calculó la media de viento anual en la cima de Chamrousse a unos 10 m sobre el nivel del suelo del año 2019. Esta plataforma proporciona el viento de cada hora de cada día del año, se pasaron los datos a Excel y se hizo la media anual que es de 11,5 km/h, es decir 3,2 m/s. Como ejemplo, en la Imagen 3 del anexo se puede ver una tabla con el calculo para el mes de abril.

Como ya se comentó en el caso de la energía solar, la Nasa hizo pública una base de datos que, entre otros, contiene los datos eólicos del mundo. Hay varias plataformas que permiten conocer la energía que produce este medio renovable en el lugar deseado, es un atlas eólico mundial en el que introduciendo las coordenadas geograficas del lugar a estudiar da como resultado la producción eólica en kWh. Un grupo de investigadores del Imperial College de Londres y la Escuela Politécnica Federal de Zurich creó la plataforma Renewables.ninja. que permite estimar la energía que se genera anualmente en cualquier lugar dependiendo de la altura del eje de las palas. Además, permite escoger entre cientos de aerogeneradores ya que no todos producen lo mismo.

La primera idea fue colocar los aerogeneradores encima de las cubiertas de las estaciones y hacer pasar directamente la electricidad al remonte para evitar así perforar el suelo y cablear hasta llegar a la estación, pero finalmente para no tener que reforzar la estructura de las estaciones debido al peso que generarían los aerogeneradores se ha decidido colocarlos directamente en el suelo a unos 50 m de altura, pero justo al lado de cada estación para que el cableado sea mínimo.

Para este estudio se ha escogido un aerogenerador de tres palas con eje horizontal, que según varios expertos son los más eficientes para la producción de energía. Es el aerogenerador Enercon E44 con una potencia de 900 kW y un diámetro del rotor de 44 m que se colocará a una altura de 50 m sobre el suelo. No era interesante escoger uno de los aerogeneradores más grandes ya que el traslado hasta la cima podría ser más complicado. El E44 puede soportar vientos fuertes garantizando un aprovechamiento de manera óptima y sus palas presentan un diseño que lo hace más eficiente. Con tan solo 3

m/s de velocidad del viento el aerogenerador ya se activa y está operativo hasta 25 m/s (90 km/h) de velocidad del viento.

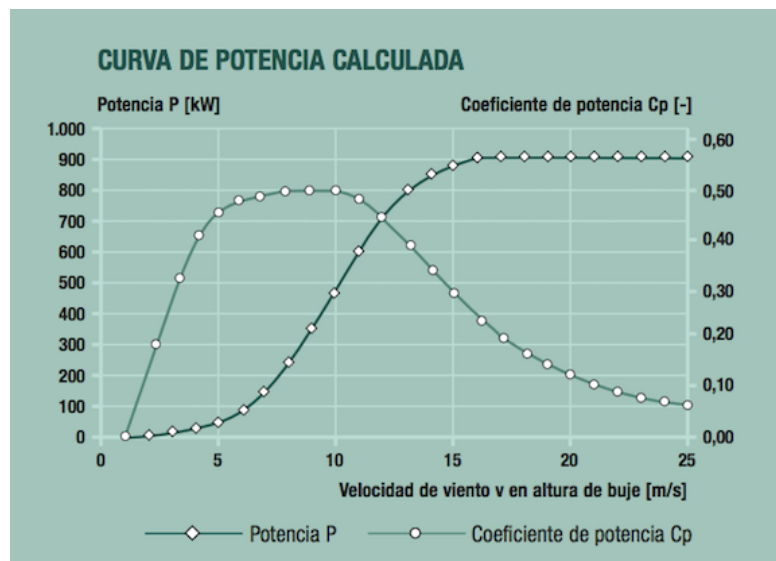


Figura 25: Curva de Potencia de un aerogenerador Enercon E44

En esta zona, el viento proviene mayoritariamente del Nornoroeste (NNO), por tanto, el plano de giro del molino se instalará perpendicular a esta dirección, pero los aerogeneradores se pueden orientar solos para estar siempre perpendiculares al viento y conseguir la máxima eficiencia en todo momento. Esta orientación es posible gracias a la veleta que proporciona los datos al sistema de giro que presentan, compuesto por un motor eléctrico y un conjunto de engranajes.



Figura 26: Rosa de los vientos indicando la dirección del viento más común en la cima de Chamrousse

El rotor es el conjunto de las palas y el buje y es lo que transforma la energía del viento en electricidad. Gracias al perfil aerodinámico de las palas, el viento que incide de manera perpendicular sobre ellas provoca el movimiento debido a la fuerza de sustentación.

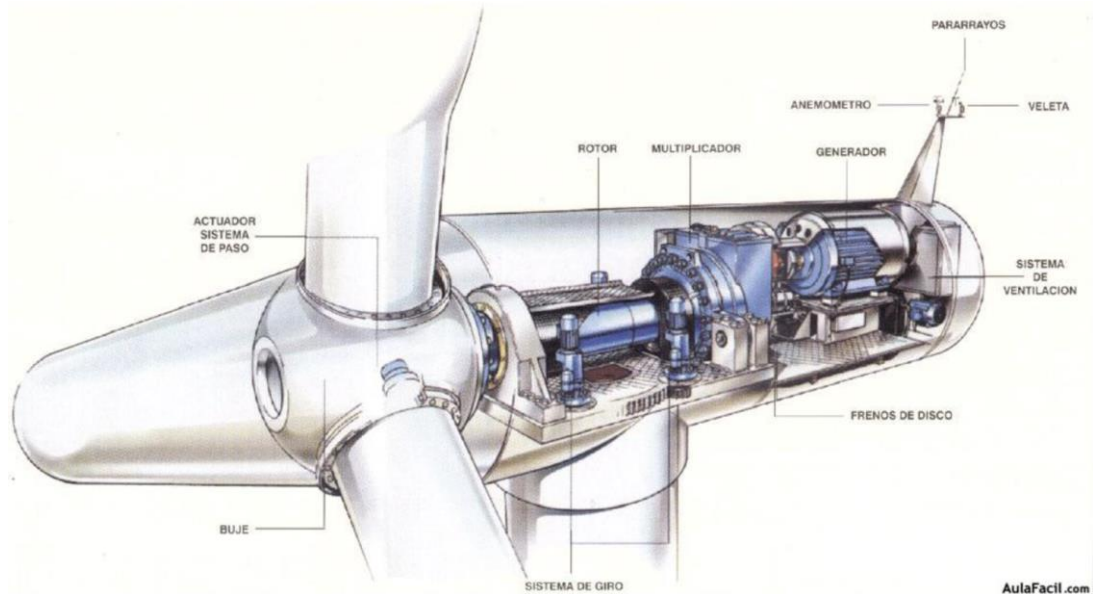


Figura 27: Partes de un aerogenerador

#### 4.2.3. Instalación de los aerogeneradores

Los aerogeneradores se instalarán justo al lado del teleférico La Croix y los telesillas Amoureux, Lac Robert, Berangere como se puede observar en la siguiente fotografía. No es un dibujo hecho a escala, pero sirve de orientación, el aerogenerador se instalaría en el lado norte de la estación de remonte para evitar sombras en los paneles colocados sobre las cubiertas.

La instalación se llevará a cabo en la temporada de verano, ya que, sin nieve de por medio, los trabajos serán más sencillos.



Figura 27: Imagen orientativa de la instalación de los aerogeneradores junto a las estaciones de los remontes.



Figura 28: Lugares donde se instalarán los aerogeneradores señalados por un punto rojo.

#### 4.2.4. Energía generada

La plataforma Renewables.ninja proporciona como resultado un Excel con la electricidad generada cada hora de cada día del año. De esta manera, se ha calculado la suma para saber la energía producida en un año y la producida en cada mes, y así obtener unos valores más concretos, los datos son los siguientes:

	kWh
Enero	30117.842
Febrero	19684.823
Marzo	36426.937
Abril	31044.241
Mayo	33201.073
Junio	19229.364
Julio	15218.46
Agosto	16396.964
Septiembre	17199.374
Octubre	35198.041
Noviembre	27604.986
Diciembre	38923.087
Año	320245.192

Tabla 11: Energía generada por los aerogeneradores cada mes y la energía total.

Como se puede observar en la tabla anterior, un aerogenerador Enercon E44, producirá 320.245,192 kWh/año. Pero como se ha comentado, se colocarán 4 aerogeneradores en total, al lado de la estación superior del teleférico y en la de los telesillas Amoureux, Lac Robert y Bérangere. Por tanto, en total se generarán 1.280.980,768 kWh/año (1.280,98 MWh/año) a partir de la energía eólica.

#### **4.2.5. Mantenimiento aerogeneradores**

El mantenimiento de los 4 aerogeneradores instalados en Chamrousse deberá hacerse con técnicas de inspección. Inspeccionar cada mes los datos obtenidos por el aerogenerador, los técnicos deberán estudiar su comportamiento para comprobar que todo está correcto. Además, se debe realizar una inspección de manera trimestral para determinar el estado de las palas y encontrar posibles desperfectos, esta inspección también se podría realizar semestralmente, pero es aconsejable que se haga cada trimestre para poder prevenir, para poder detectar posibles problemas con antelación y alargar así la vida útil de los aerogeneradores. Esta inspección trimestral se debe realizar observando el aerogenerador desde la base o con anteojos de alta definición, también puede ser necesario colgarse con cuerdas y arnés para llevar un estudio más acurado o utilizar una plataforma elevadora.

En el caso de que se encuentre algún desperfecto o daño, los arreglos deben realizarse en altura con alguno de los métodos comentados anteriormente.

Hoy en día se está estudiando la posibilidad de hacer este trabajo de reparación con drones para evitar el riesgo de cualquier trabajador. Los drones también podrían ser útiles para llevar a cabo la limpieza de los aerogeneradores.

### **4.3. Resultado**

Para interpretar los resultados obtenidos con el uso de energías renovables, se ha calculado la energía necesaria para el funcionamiento de cada remonte en un año. Para ello se ha calculado el número de horas que los remontes están en funcionamiento, teniendo en cuenta que algunos funcionan en verano y que algunos también funcionan en horario nocturno.

En verano solo funcionan el teleférico de La Croix durante 75 días y el telesilla Bachat Bouloud durante 57.

Todos los remontes de la estación están activos los 136 días que la estación está abierta durante la temporada de invierno. Durante 115 días los remontes están en funcionamiento alrededor de unas 7h diarias, pero el teleférico y los telesillas Gaboureaux y Roche Berangere están abiertos hasta las 20h30 los 21 días de la temporada que se puede esquiar en horario nocturno.



Por tanto, realizando los cálculos necesarios, se puede ver en la *Tabla 12* que la electricidad utilizada por Remontées Mécaniques para el funcionamiento de los remontes rodea los 4,7 millones de kWh en un año.

Si en 2019 la estación hubiera tenido en su disponibilidad el uso de estas energías renovables, se habría ahorrado una gran cantidad de electricidad. Los paneles solares hubieran producido 2.373,587 kWh/año y los aerogeneradores 1.280.980,768 kWh/año, por tanto, en un año, estas energías verdes habrían producido un total de 1.283.354,355 kWh, es decir 1.283,35 MWh/año, lo que supone un 26,2% de la electricidad que se consume anualmente.

Al calcular la energía generada por cada remonte se ha analizado la cantidad de energía producida respecto a la que necesita cada remonte, resultando que la proporción de la generada es mayor en los remontes alimentados con energía eólica.

Solo en el caso del telesilla de Lac Robert, se genera más energía de la necesaria, sobrando así 73.847,125 kWh/año que se pueden redistribuir a cualquiera de los otros remontes cercanos que están presentes en la cima de Chamrousse. Los otros tres telesillas alimentados con energía eólica son el teleférico de La Croix, el telesilla Amoureux y el telesilla Roche Berangere, que generan respectivamente un 22,13%, 91,5% y 49,9% respecto a la necesaria.

Tras llevar a cabo este estudio e implementar las diferentes energías renovables, se podrían implementar placas solares en edificios comunes de Chamrousse como viviendas, cafeterías o tiendas de la estación.

		Funcionamiento en verano (h/día)	Días de funcionamiento en verano	Horas de funcionamiento en la temporada de verano	Funcionamiento en invierno (h/día)	Días de funcionamiento en invierno	Horas de funcionamiento en la temporada de invierno	Horas de funcionamiento totales (h/año)	Potencia (kW)	Energía necesaria (kWh/año)	Energía solar generada (kWh/año)	Energía eólica generada (kWh/año)	Energía total generada por ambas propuestas (kWh/año)
LA CROIX (Ambas estaciones)	TC	8,25	75	618,75	8,286764706	136	1127	1745,75	830	1448972,5	495,105	320245,192	320740,297
GABOUREAUX (Estación inferior)	TSD	0	0	0	8,286764706	136	1127	1127	380	428260	101,933	0	101,933
AMOUREUX (Estación superior)	TSD	0	0	0	7,25	136	986	986	355	350030	0	320245,192	320245,192
BACHAT BOULLOUD (Ambas estaciones)	TSD	7	57	399	7,5	136	1020	1419	516	732204	815,467	0	815,467
CASSEROUSSE (Estación superior)	TSD	0	0	0	7,5	136	1020	1020	565	576300	247,552	0	247,552
ROCHE BERANGERE (Ambas estaciones + caseta de control)	TSD	0	0	0	8,3	136	1128,8	1128,8	569	642287,2	320,362	320245,192	320565,554
LAC ROBERT (Estación superior + caseta de control)	TSF	0	0	0	7,25	136	986	986	250	246500	101,933	320245,192	320347,125
ARSELLE (Estación inferior)	TSF	0	0	0	7,75	136	1054	1054	149	157046	58,247	0	58,247
CROISETTE (Estación inferior)	TK	0	0	0	7,67	136	1043,12	1043,12	15	15646,8	58,247	0	58,247
INFRINET (Estación inferior)	TK	0	0	0	7,25	136	986	986	18	17748	58,247	0	58,247
LAUZE (Estación inferior)	TK	0	0	0	7,75	136	1054	1054	17	17918	58,247	0	58,247
PERCHE (Estación inferior)	TK	0	0	0	7,75	136	1054	1054	75	79050	58,247	0	58,247
<b>TOTAL</b>										4711962,5	2373,587	1280980,768	1283354,355

Tabla 12: Calculo de la energía necesaria por remonte y la generada mediante las energías renovables planteadas.

## 5. Actuaciones de mejora a nivel tecnológico

Siguiendo con la intención que tiene Chamrousse de crear una estación inteligente (Proyecto Chamrousse 2030), estaría bien pensar en avances tecnológicos que se podrían aplicar para solucionar algunos de los problemas del día a día del esquí. Por ejemplo, implementar un sistema que permita evitar las pesadas colas de las mañanas de esquí para comprar el forfait a través de un dispositivo móvil.

Grenoble es una ciudad universitaria, con mucho ambiente estudiantil e internacional y sus estudiantes pueden disfrutar de numerosas ventajas con la tarjeta U-GLISSE, una tarjeta asociada a Université Grenoble Alpes para impulsar a los estudiantes a disfrutar de los deportes de nieve en varias estaciones como Chamrousse, Les 2 Alpes o 7 Laux. A parte de reducir el precio de los forfaits, una de las ventajas que proporciona a los usuarios es no tener que hacer cola para comprar el forfait, en la web se introduce el número de tarjeta y el día que se desea esquiar, y el forfait se recarga automáticamente en la tarjeta.

En Chamrousse se podría hacer lo mismo, al inicio de temporada dar la posibilidad de comprar o reactivar una tarjeta unipersonal, es decir con nombres y foto de identidad. El precio de la tarjeta no puede ser elevado ya que sino muchos clientes no la comprarían. Esta tarjeta daría la posibilidad de poder recargar el forfait de manera online mediante el identificador, ya sea un forfait de día completo, de 4 horas o de temporada, y evitar así perder casi una hora haciendo colas. Sería todo un lujo llegar a la estación y poder ir directamente a buscar un remonte para hacer las primeras bajadas del día.



Figura 29: Posible diseño de la tarjeta de Chamrousse para sustituir al tradicional forfait.

Desde la página web de U-GLISSE al seleccionar FORFAIT y la estación de Chamrousse, redirige directamente a una página web de Chamrousse pero reservada solamente a los usuarios de U-GLISSE. Desde la página principal de Chamrousse se podría habilitar lo mismo para todos los clientes.

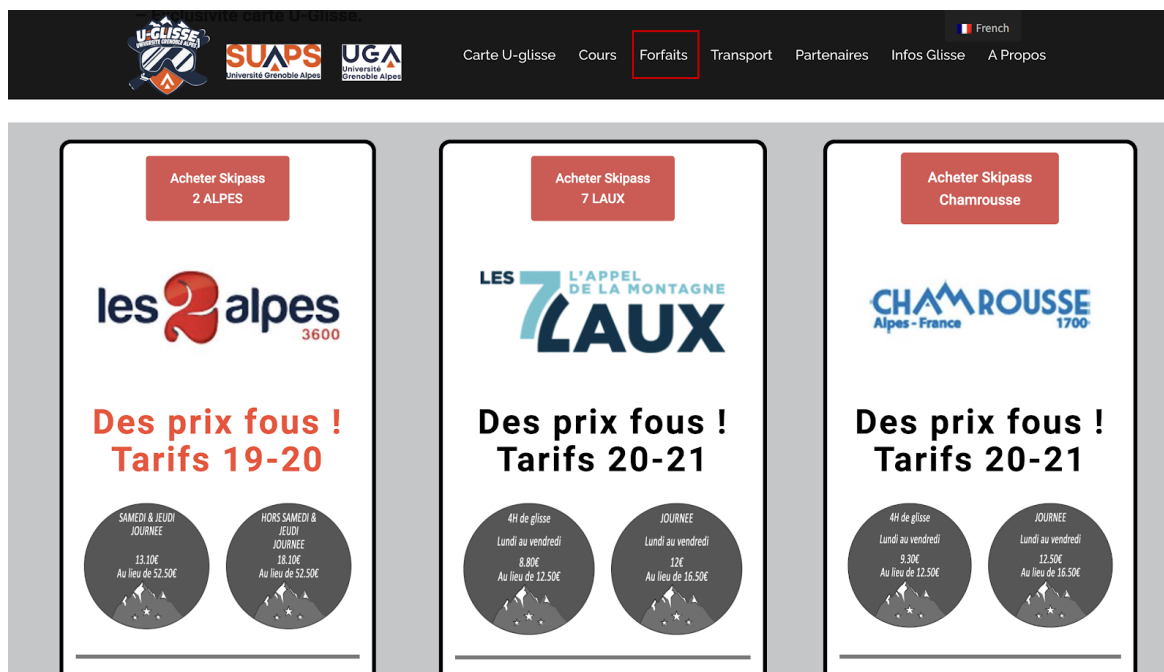


Figura 30: Pagina web de U-GLISSE donde se pueden comprar los forfaits para diferentes estaciones.

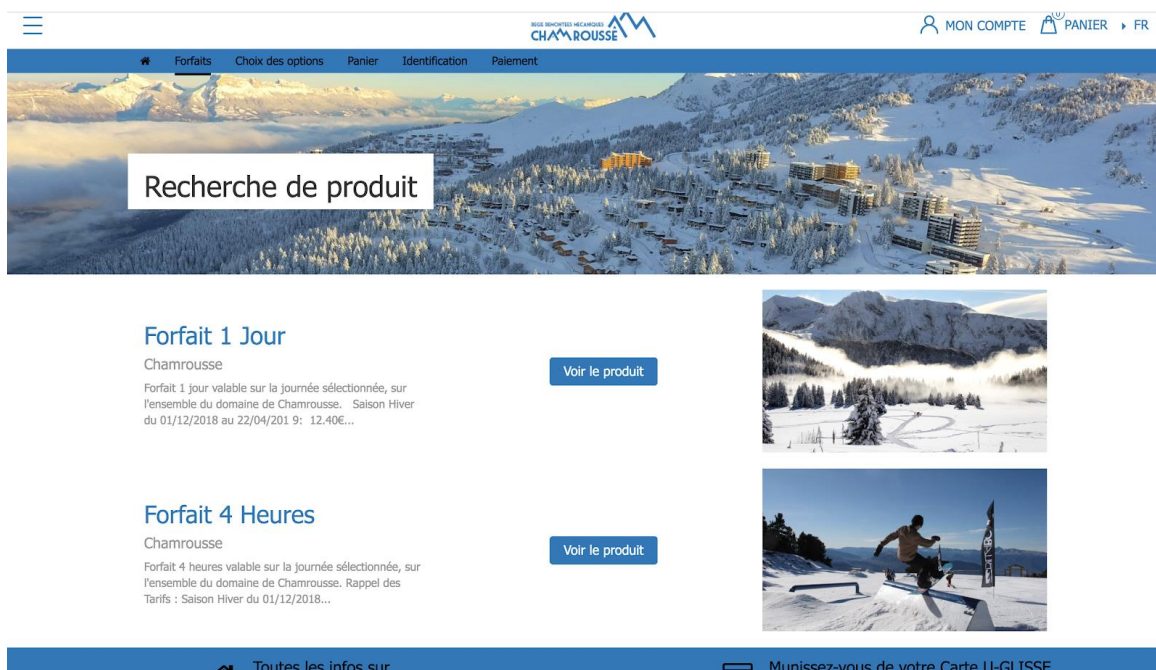


Figura 31: Pagina web de Chamrousse exclusiva para los estudiantes usuarios de U-GLISSE para la compra de forfaits.

Además de habilitar la web de Chamrousse para poder comprar los forfaits de manera online, se podría crear una aplicación para no tener que acceder a la web y poder comprar el forfait de manera más rápida. En la aplicación habrá que registrarse con el nombre y con el número de tarjeta, una vez registrada solo es necesario seleccionar el día y pagar el forfait.



*Figura 32: Posible diseño del logo de la aplicación de Chamrousse.*

Este cambio permitiría reducir el uso de material desechable y hacer que la estación sea aun más sostenible, contribuyendo así a la conservación del planeta. Además, también se reducirían los gastos de personal de la estación ya que no serían necesarios tantos empleados para la venta de forfaits.

## 6. Coste de elaboración del trabajo

Este apartado está destinado al análisis económico de este Trabajo de Fin de Grado, se quiere estimar el coste del desarrollo del proyecto, y para eso es necesario tener en cuenta el material utilizado y la mano de obra.

Teniendo en cuenta que la elaboración de este proyecto se ha llevado a cabo por un solo ingeniero y que ha dedicado unas 300 horas aproximadamente para desarrollarlo. El precio establecido para cubrir todas las tareas de este ingeniero ha sido 15 €/hora, por tanto, teniendo en cuenta las horas totales de trabajo el precio es 4.500 €. A esta cantidad, hay que sumarle el 21% correspondiente al IVA que asciende a 945 €.

Para la realización de trabajo se ha utilizado un ordenador con teclado con un precio de 1200 € y una calculadora básica con un precio de 20 €. Además, se han utilizado herramientas de Microsoft como Word y Excel, por tanto, hay que tener en cuenta el precio de la licencia para empresas que es de 299 €.

Inicialmente, se pretendía realizar desplazamientos a la estación de esquí desde la ciudad de Grenoble para poder hablar con los encargados de cada sector de la estación a estudiar, pero el confinamiento no lo permitió y se tuvieron que cancelar, de este modo el coste de desplazamiento es nulo. Por lo que también será nulo el impacto ambiental negativo que pueda tener los desplazamientos en vehículo.

Se ha de tener en cuenta el precio de impresión del trabajo, sabiendo que un cartucho de tinta puede llegar a imprimir 450 hojas y que este trabajo ocupa 72, solo se consumiría el 16% de su capacidad. El cartucho HP 304 XL cuesta 26,40 €, por tanto, el precio para imprimir el trabajo es 4,22 €. A esto hay que sumarle el precio del papel. Se usará papel reciclado, con lo cual las 72 páginas costarán 1,5 € aproximadamente.

Con todo esto, y sabiendo que los valores son aproximados, el precio de elaboración del trabajo rodea los 6969,72 €.



## 7. Análisis ambiental

Es necesario realizar un análisis de impacto ambiental para garantizar que el proyecto no afecta de manera negativa al medio ambiente.

La finalidad de la implementación de placas solares y aerogeneradores es satisfacer una necesidad social, disminuir el uso de energías fósiles y adoptar nuevos hábitos que pueden ayudar en la conservación del planeta tierra, evitando al máximo que esta implementación sea dañina para el entorno.

En el caso de las placas solares el impacto ambiental es bastante positivo, ya que, esta manera de generar energía no produce ruido, no contamina, los paneles mayoritariamente están fabricadas con Silicio que es un material muy abundante en la naturaleza por lo que su extracción no causa problemas en el terreno y no necesita combustión, por tanto, no favorece al calentamiento global, es decir, beneficioso para la conservación del planeta.

También hay que destacar que el trato que se les puede llegar a dar a los paneles puede afectar negativamente en el medio ambiente, se necesita mucha energía para fabricarlos y se ha de ir con cuidado a la hora de desecharlos, ya que están fabricados con algunos materiales peligrosos. Pero si se estudia una manera de disminuir estos efectos negativos, las placas solares son una muy buena alternativa favorecedora para la naturaleza de la región donde se deseen instalar.

Los aerogeneradores en cambio pueden provocar más efectos negativos tanto visuales y acústicos como en la flora y fauna del lugar en el que se instalan. El ruido suele ser ocasionado por el movimiento de las palas, pero con un diseño acurado se puede disminuir. Visualmente puede afectar bastante ya que no es natural ver aerogeneradores en la cima de una montaña, pero al no estar masificados como en un parque eólico, se disimula un poco más. Respecto a la fauna, los aerogeneradores provocan alteraciones en sus hábitats lo que podría causar alguna muerte por impactos contra la estructura.

Las emisiones producidas por todas las actividades realizadas desde la fabricación hasta la desinstalación del aerogenerador se podrían tener en cuenta como impacto negativo, pero se conoce que éstas son inferiores a las producidas con energías fósiles.

Aun así, hay que destacar que la energía eólica no favorece al efecto invernadero, no produce gases tóxicos ni genera residuos peligrosos.

Respecto a las actuaciones de mejora que se desean implementar se podría decir que el impacto ambiental es más positivo que negativo, si se procura tratar los paneles y aerogeneradores como es debido y instalarlos en las zonas estudiadas, los efectos positivos

que tienen sobre el planeta son mucho mayores e importantes para la preservación del medio ambiente.

Por lo que respecta a la actuación de mejora tecnológica propuesta, el impacto ambiental es mínimo, pero disminuye en gran cantidad, el uso de material desechable como el papel o plástico para la fabricación de cada uno de los forfaits que se vende hoy en día.

Para terminar, se puede decir que el proyecto tiene un gran impacto ambiental, y haciendo un uso responsable, el impacto puede ser muy positivo.





## Conclusiones

Para finalizar el proyecto, se podría decir que se ha cumplido con los objetivos expuestos inicialmente. Se han analizado y implementado las actuaciones de mejora que se pretendía instalar y se ha conseguido sustituir una parte de las energías fósiles para favorecer la conservación del medio ambiente.

Se han estudiado los diferentes factores climatológicos que afectan a la implementación de estas mejoras para conocer las zonas donde es preferible instalar las placas y los aerogeneradores y obtener así mejores resultados.

Al realizar este trabajo, se ha llegado a la conclusión de que, si se hace un uso responsable de las actitudes adoptadas por la estación, el resultado puede ser muy favorecedor. Aunque solo se consiga reducir el uso de energías fósiles un 26,2%, el cambio puede ser muy beneficioso, ya que se fomentaría el uso de energías renovables en otras estaciones de esquí.

La necesidad de implementar medidas favorecedoras para el planeta y para intentar disminuir los efectos del cambio climático, cumple con los objetivos de Chamrousse, que pretende ser una estación volcada al 100% a la preservación del planeta.

Además, observando y estudiando los diferentes efectos del cambio climático, se tiene más conciencia de la gravedad de la situación y se pueden adoptar pequeñas medidas que a la larga pueden provocar grandes cambios.

Es necesario destacar que el avance tecnológico propuesto podría ser muy útil, el uso de una aplicación móvil es algo con lo que la mayoría de los clientes de la estación están familiarizados y sería un gran cambio para ésta.

Personalmente, este trabajo me ha aportado conocimientos a nivel cultural y útiles para el futuro próximo, me ha dado la oportunidad de aprender un poco más sobre un tema de especial interés para mí. También me ha servido de utilidad para poner en práctica diferentes conocimientos sobre la gestión de proyectos aprendidos a lo largo de estos 4 años.



## Agradecimientos

Principalmente se quiere agradecer la disponibilidad y colaboración de varias personas de la estación de Chamrousse que han facilitado información necesaria para el proyecto, vía email o por teléfono. En especial a Sophie Delastre, encargada de medio ambiente del ayuntamiento de Chamrousse que facilitó el contacto con otras personas como Marco Auletto, jefe de operaciones de Régie Remontées Mécaniques Chamrousse o Patricia Leriche responsable de calidad, seguridad y medio ambiente de Régie Remontées Mécaniques Chamrousse.

También se quiere agradecer a Carlos Sierra Garriga, director del trabajo, por su apoyo y sus directrices a la hora de enfocar el trabajo.

## Bibliografía

### Referencias bibliográficas

- [1] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE). Diccionario. <https://dle.rae.es/permafrost>
- [2] SWISSINFO. La próxima pandemia. [<https://www.swissinfo.ch/spa/enfermedades-y-calentamiento-global/-la-pr%C3%B3xima-pandemia-podr%C3%ADa-emergir-del-hielo-/45785554> , consultado el 16 de agosto de 2020].

### Bibliografía complementaria

1. CHAMROUSSE. *Station de Chamrousse*. [ <https://www.chamrousse.com/> , consultado a lo largo de todo el trabajo].
2. CHAMROUSSE. Projets Chamrousse. [[https://www.chamrousse.com/medias/images/Projet\\_Chamrousse\\_2030/Projet\\_Chamrousse\\_2030\\_Light.pdf](https://www.chamrousse.com/medias/images/Projet_Chamrousse_2030/Projet_Chamrousse_2030_Light.pdf) , consultado 20 marzo de 2020].
3. OPENHOST. Impacto actual del cambio climático en Europa. [<https://www.salyroca.es/articulo/roca/alpes-cada-dia-mas-amenazados-cambio-climatico/20170911172427003667.html> , consultado el 21 de marzo de 2020].
4. WORDPRESS.COM. *Liste des station fantômes*. [ <https://stationsfantomes.wordpress.com/liste/> , consultado el 9 de abril de 2020].
5. ELMUNDO. Ciencia. Consecuencias del anticiclón de diciembre. [<https://www.elmundo.es/ciencia/2017/01/10/5874bc31268e3e75078b459b.html> , consultado el 11 de abril de 2020].
6. FLOCON VERT. *Origen, d'où vient le Flocon Vert?*. [ <http://www.flocon-vert.org/le-label/> , consultado el 11 de abril de 2020].
7. ANNUAIRE MAIRIE. *Ensoleillement et température à Chamrousse*. [<https://www.annuaire-mairie.fr/ensoleillement-chamrousse.html> , consultado el 12 de junio de 2020].
8. REMONTEES MECANIKES. *Liste des reportages de cette station*. [ <https://www.remontees-mecaniques.net/bdd/station-chamrousse-216.html> , consultado el 15 de junio de 2020].
9. INFOCLIMAT. *Climatologie*. [<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2019/croix-de-chamrousse/valeurs/000Q0.html> , consultado el 15 de agosto de 2020].

10. **MOUNTAIN NEWS CORPORATION.** *Ski info. Chamrousse.* [<https://www.skiinfo.es/alpes-septentrionales/chamrousse/estacion-de-esqui.html>], consultado el 15 de agosto de 2020].
11. **SOLARGIS.** *Solar resource maps of France.* [<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/france>], consultado el 20 de agosto de 2020].
12. **POWER.** *Data Access Viewer.* [<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>], consultado el 20 de agosto 2020].
13. **ABB review.** Power and productivity for a better world. *Energía solar.* Vol, 2(15).
14. MIGUEL PAREJA APARICIO (2010). *Energía solar fotovoltaica: cálculo de una instalación aislada.* Editorial Marcombo.
15. **MONSOLAR.COM.** *Calculadora separación entre paneles solares para evitar sombras.* [<https://www.monsolar.com/separacion-paneles-solares>], consultado el 26 de agosto de 2020].
16. **SUNFIELDS.** *Rendimiento de placas solares.* [<https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/rendimiento/>], consultado 26 de agosto de 2020].
17. **SOTYSOLAR.** *Cálculo de una instalación de autoconsumo.* [<https://sotysolar.es/placas-solares/calcular>], consultado el 26 de agosto de 2020].
18. **CALCMAPS.COM.** *Map area calculator.* [<https://www.calcmaps.com/map-area/>], consultado el 26 de agosto de 2020].
19. **THE WIND POWER.** *Manufacturers and turbines. Enercon.* [[https://www.thewindpower.net/turbine\\_en\\_2\\_enercon\\_e44-900.php](https://www.thewindpower.net/turbine_en_2_enercon_e44-900.php)], consultado el 28 de agosto de 2020].
20. **ENERCON.** *Tecnología y service.* [<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8668/5/Tecnolog%C3%ADa%20ENERCON.pdf>], consultado el 28 de agosto de 2020].
21. **MAPBOX.** *Wind.* [<https://www.renewables.ninja/>], consultado el 28 de agosto de 2020].
22. **TOTAL.** *Energía eólica.* [<https://www.gasyelectricidad.total.es/eolico-electricidad-energia-renovable>], consultado el 29 de agosto de 2020].
23. **AUTOSOLAR ENERGY SOLUTIONS.** *Panel solar.* [<https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-mantenimiento-requiere-un-panel-solar>], consultado el 30 de agosto de 2020].
24. CLEMENTE ALVAREZ (2006). *Energía eólica.* Madrid. IDAE

## Anexo

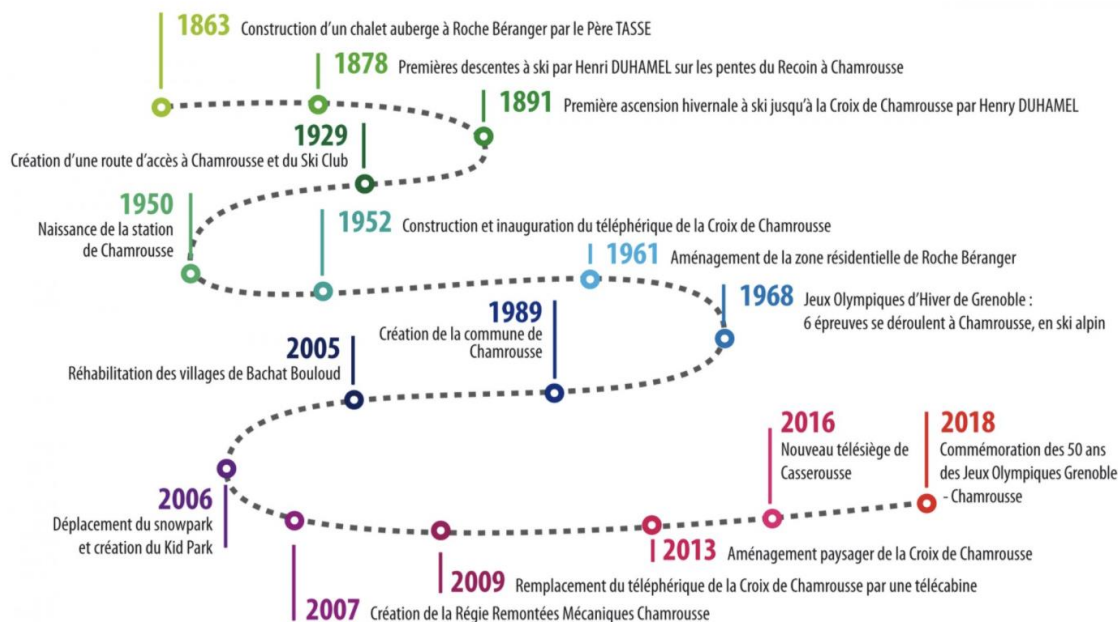


Imagen 1: Eje cronológico de la historia de Chamrousse.

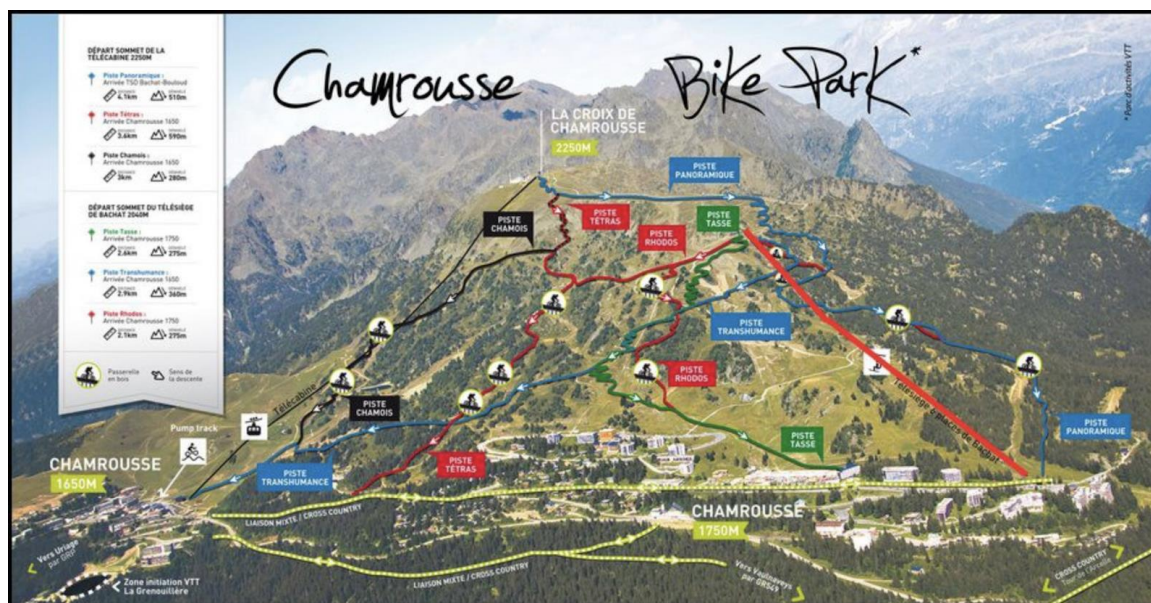


Imagen 2: Mapa del Bike Park de Chamrousse para la temporada de verano.

JULIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	13	11	5	3	5	3	21	16	3	19	3	16	39	2	26	10	5	27	10	19	19	5	18	5	16	16	16	23	6	6	6		
2	8	13	11	5	5	6	5	18	6	15	8	15	39	15	40	8	2	27	13	21	24	3	13	6	16	8	15	24	3	16	5		
3	2	2	6	8	5	3	10	18	-	27	5	16	42	11	37	2	3	27	8	18	23	5	13	5	10	3	18	26	8	13	6		
4	5	3	10	11	8	5	13	13	5	21	3	19	35	10	32	5	5	29	8	16	23	6	15	2	5	16	21	35	6	13	8		
5	3	2	15	5	6	8	10	13	8	11	0	24	39	8	26	3	3	31	2	19	24	5	11	2	3	13	10	31	3	16	5		
6	6	13	3	6	10	11	13	11	5	24	6	29	47	3	24	3	5	27	2	18	27	5	13	3	6	15	11	45	6	18	15		
7	6	8	5	3	16	19	3	8	19	23	13	21	39	3	39	5	0	19	8	21	26	5	19	6	8	11	23	45	5	21	8		
8	2	0	13	2	16	21	8	6	3	13	16	15	42	5	35	3	3	27	6	18	18	6	15	8	8	6	23	58	6	21	10		
9	8	5	15	2	11	-	8	13	16	10	13	21	31	21	32	2	5	21	10	23	10	6	15	10	8	8	34	45	6	16	5		
10	8	8	18	5	13	18	3	10	10	11	23	19	21	11	-	3	5	19	10	16	6	8	5	18	8	10	31	39	2	10	5		
11	6	3	16	3	8	13	6	10	6	11	23	21	21	11	-	5	6	18	13	34	6	6	6	19	5	3	29	39	2	10	6		
12	11	6	10	6	8	11	15	11	6	10	18	18	19	18	-	8	8	18	15	16	6	10	5	15	5	6	27	47	6	11	10		
13	6	5	8	5	6	10	16	11	5	13	24	15	21	13	-	6	6	23	15	18	8	10	6	15	8	6	23	40	8	10	10		
14	8	11	13	8	10	16	16	10	8	13	18	16	24	10	29	8	6	21	11	13	11	11	6	13	10	13	24	47	6	15	8		
15	-	10	5	11	6	11	15	15	13	15	11	15	27	10	34	11	6	21	10	24	8	11	10	18	6	8	26	52	15	15	10		
16	10	13	10	16	8	11	24	11	5	19	13	16	31	16	32	8	11	19	10	10	6	13	11	18	10	15	21	40	5	8	6		
17	13	15	18	15	11	13	18	8	23	21	15	18	32	18	27	10	11	23	11	13	11	13	11	16	8	13	23	37	15	15	3		
18	5	18	19	16	8	11	-	10	5	21	6	19	31	19	26	13	18	18	10	19	10	16	8	16	11	8	19	35	15	8	6		
19	13	21	15	15	6	11	15	3	10	26	8	24	34	23	29	18	15	21	6	13	11	13	8	8	3	11	32	26	10	6	3		
20	18	11	16	13	0	6	18	5	13	23	18	27	31	24	29	19	19	18	8	35	13	15	13	5	11	6	10	23	6	10	10		
21	18	40	5	11	6	6	18	3	18	15	18	24	19	24	24	18	18	18	3	16	18	15	16	8	6	16	15	18	5	6	10		
22	42	32	6	5	5	10	16	5	24	10	15	29	6	19	23	8	21	23	13	21	10	8	11	13	8	16	18	8	8	6	5		
23	43	29	6	0	6	27	19	3	23	8	13	39	10	21	15	3	23	15	24	19	10	16	8	11	15	13	13	13	6	13	2		
0	10	6	2	2	11	13	18	6	21	2	15	42	3	24	13	3	32	15	21	23	8	19	3	15	16	13	21	10	0	13	3		
11,47; 11,87; 10,41 7,33; 8,083 11,43; 13,3; 9,87; 11,08 15,8; 12,70; 21,58; 28,45 14,12 28,6 7,583 9,83; 21,87 10,2; 19,2; 14 9,58; 10,78 10,6; 8,75 10,54 20,9; 33,58; 6,583; 12,3; 6,87; 14,0983; km/h																																	
																																	3,91620; m/s

Imagen 3: Calculo de la media de viento en julio a 10 m de altura. Los valores de cada casilla es el viento a una determinada hora un determinado día.